MINISTERUL ÎNVĂŢĂMÂNTULUI

NICULAE MIRA
CONSTANTIN NEGUŞ

INSTALAŢII ŞI ECHIPAMENTE ELECTRICE

Manual pentru clasele a XI-a şi a XII-a licee industriale şi de matematică-fizică cu profil de electrotehnică şi şcoli profesionale

Scanned with OKEN Scanner

DC.

MINISTERUL ÎNVĂŢĂMÂNTULUI

Dr. ing. NICULAE MIRA
Dr. ing. CONSTANTIN NEGUŞ

INSTALAŢII ŞI ECHIPAMENTE ELECTRICE

TEHNOLOGIA MESERIEI

Manual pentru clasele a XI-a şi a XII-a, licee industriale şi de matematică-fizică cu profilurile de electrotehnică şi electronică, mine, petrol, metalurgie, construcţii montaj, transporturi, gospodărirea apelor şi şcoli profesionale

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, R.A. BUCUREŞTI

Scanned with OKEN Scanner

Manualul constituie reeditarea ediţiei 1996 şi corespunde programei şcolare aprobate cu nr. 36286/1990.

Manualul a fost întocmit astfel:
conf. dr. ing. Niculae Mira: cap. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 12 D, 13
dr. ing. Constantin Neguş: cap. 3 C, 5, 10, 11, 12, 14

Referenţi: prof. dr. ing. Ovidiu Centea
ing. Teodor Rădulescu, prof. gr. II

ISBN 970-30-5223-X

Copyright © 1997 Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate Editurii Didactice şi Pedagogice, R.A.

Redactor: ing. Marius Murariu
Tehnoredactor: Elena Stan

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 1

PRODUCEREA, TRANSPORTUL ŞI DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE

A. GENERALITĂŢI

Se ştie că energia electrică se obţine din alte forme de energie, ce se găsesc în natură sub formă de combustibili, căderi de apă etc. Necesitatea unui consum tot mai mare de energie electrică a obligat economia mondială la o exploatare intensivă a principalilor combustibili utilizaţi în acest scop: ţiţeiul, cărbunele şi gazul natural. Cum rezervele din astfel de combustibili sunt limitate, a început să se pună problema utilizării lor tot mai raţionale, pentru o valorificare maximă a acestora. Pentru aceasta este necesar ca, în primul rând, să se evite risipa de energie indiferent sub ce formă ar fi utilizată. În paralel cu aceasta trebuie intensificată munca de creaţie tehnico-ştiinţifică pentru:

— realizarea de noi tipuri de receptoare electrice cu randamente din ce în ce mai mari, care să le înlocuiască pe cele vechi, cu consumuri energetice mari;

— realizarea de noi agregate de transformare mai eficientă a energiei primare în energie electrică;

— amenajarea integrală a bazinelor hidrografice, astfel încât energia potenţială a apelor să poată fi utilizată în mai mare măsură pentru obţinerea energiei electrice;

— descoperirea de noi posibilităţi de transformare economică în energie electrică a unor forme de energie mai puţin utilizate în prezent, cum ar fi energiile nucleare, eoliană, solară, geotermică etc.

B. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE

În tehnică, energia electrică se obţine din alte forme de energie, în urma unor transformări care au la bază legea conservării energiei.

Maşina cea mai utilizată pentru obţinerea energiei electrice poartă denumirea de *generator electric*. Acesta transformă energia mecanică în energie electrică prin intermediul câmpului electromagnetic. La rândul ei, energia mecanică este obţinută prin transformare din energia termică, hidraulică sau eoliană.

În afara acestor tipuri de generatoare, care asigură peste 95% din energia electrică utilizată, în prezent mai sunt utilizate generatoare electrice care produc energie electrică din energie chimică sau din energie solară.

Scanned with OKEN Scanner

Generatoarele care transformă energia chimică în energie electrică, în urma unor reacţii chimice, sunt *bateriile electrice* şi *acumulatoarele electrice.* Bateria electrică este o sursă ce furnizează energia electrică într-un circuit un timp limitat, după care nu mai este folosită. Acumulatorul electric este o sursă de energie electrică, dar care după descărcare poate fi încărcată şi utilizată din nou.

Generatoarele care transformă energia solară în energie electrică se numesc *baterii electrice solare* şi pot furniza energia electrică atât timp cât sunt supuse radiaţiei solare.

1. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE PRIN TRANSFORMAREA ENERGIEI TERMICE

Aceasta reprezintă de multă vreme modul cel mai frecvent de producere a energiei electrice. Se utilizează energia dezvoltată prin arderea diferiţilor combustibili clasici (cărbune, păcură, gaze naturale), energia dezvoltată în urma unor reacţii nucleare etc.

Instalaţiile în care se produce energia electrică se numesc *centrale electrice.* Acestea poartă diferite denumiri, după sursa de energie folosită. Cele mai importante sunt:

— *centralele termoelectrice,* în care se utilizează combustibilii clasici şi sunt cele mai răspândite în prezent;

— *centralele nuclearoelectrice,* în care se utilizează combustibil nuclear; acestea au luat o mare amploare în ultimii ani.

• **Principiul de funcţionare al unei centrale termoelectrice** poate fi urmărit în figura 1.1.

În focarul cazanului *CA* se arde combustibilul *CO.* Prin ardere se eliberează energie termică, ce este preluată de apa din cazan. Aceasta se transformă în abur la temperatură şi presiune foarte mari, transformând astfel energia termică de ardere a combustibililor în energie mecanică. În turbina *T* volumul aburului se măreşte brusc, eliberând energia mecanică. Arborele turbinei angrenează generatorul electric *GE,* care transformă energia mecanică primită în energie electrică. Energia electrică astfel obţinută este trecută printr-o staţie de ridicare a tensiunii *SR.* Numai după aceea ea este transportată către consumatori.

Aburul, după ce iese din turbină, deoarece are o temperatură încă ridicată, este condus la un schimbător de căldură *SC,* în care cedează cea mai mare parte din căldura pe care o mai deţine. Schimbătorul de căldură poartă numele de *condensator,* deoarece aici aburul este transformat în apă, prin condensare. În acest scop, căldura aburului este cedată unui circuit secundar de apă de răcire. Din schimbătorul de căldură apa este absorbită de o pompă *P,* ce o retrimete în cazanul *CA,* de unde ciclul se reia, folosindu-se aceeaşi cantitate de apă. Centralele termoelectrice au mai multe cazane, turbine şi generatoare electrice, în funcţie de mărimea lor.

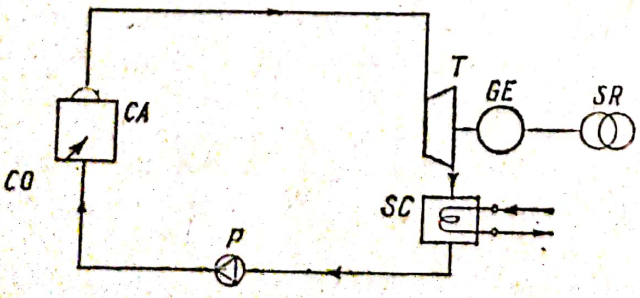


Fig. 1.1. Schema de principiu a unei centrale termoelectrice.

Scanned with OKEN Scanner

În ţara noastră cele mai folosite sunt centralele termoelectrice ce utilizează drept combustibil cărbuni, datorită rezervelor de cărbune de care dispunem. Cele mai mari dintre acestea sunt cele de la Rogojelu, Mintia, Işalniţa etc.

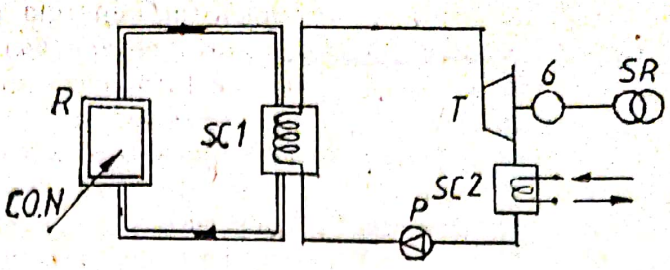


Fig. 1.2. Schema de principiu a unei centrale atomoelectrice

• **Principiul de funcţionare al unei centrale nucleroelectrice** este asemănător cu cel prezentat mai sus şi poate fi urmărit în figura 1.2. Caracteristicile pentru aceste centrale este existenţa a două circuite de apă C_1 şi C_2. Circuitul C_1 este un circuit de apă iradiată, care preia energia dezvoltată în reactorul nuclear R (în urma reacţiilor nucleare ale combustibilului nuclear CON) şi o cedează circuitului de apă necontaminată C_2, în schimbătorul de căldură SC.

Centralele nuclearoelectrice au un randament ridicat şi sunt utilizate pe scară largă în multe din ţările lumii.

2. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE PRIN TRANSFORMAREA ENERGIEI HIDRAULICE

Centralele în care energia hidraulică se transformă în energie electrică se numesc *centrale hidroelectrice.*

În centralele hidroelectrice apa antrenează o turbină hidraulică, căreia îi cedează energia mecanică pe care o are. La rândul ei turbina antrenează generatorul de energie electrică. Aceste centrale au avantajul de a utiliza o sursă de energie naturală inepuizabilă, producând energie electrică ieftină. Au însă şi dezavantaje, legate de costul construcţiilor auxiliare hidrocentralei, cost ce se recuperează prin furnizarea de energie electrică într-o perioadă de timp relativ mare. O dată cu dezvoltarea tehnicii mărirea gradului de mecanizare şi automatizare în construcţii, costul acestor lucrări scade şi se apelează din ce în ce mai des la astfel de soluţii pentru obţinerea de energie electrică. În ţara noastră se dă dovadă de interes deosebit în a valorifica cât mai mult energia râurilor noastre. Sunt cunoscute marile sisteme hidroelectrice de pe Dunăre, Argeş, Bistriţa, centralele hidroelectrice de pe Olt, Someş, Crişul Repede, Bârzava etc.

Centralele hidroelectrice pot fi: *pe firul apei* sau *cu lac de acumulare.*

• **Centralele pe firul apei** se execută pe fluvii sau mari râuri ce dispun de debite de apă suficiente. Masa de apă transportată dispune de o anumită energie cinetică, corespunzătoare vitezei apei râului. În schiţa din figura 1.3 se poate observa schema de principiu a unei centrale hidroelectrice CH pe firul apei. Pe cursul râului se realizează un dig D, amplasat în continuarea centralei CH. În felul acesta apa râului este condusă la turbinele hidroelectrice ale centralei CH pe care le antrenează, după care revine în albia râului. În cazurile în care râurile sunt navigabile, sistemul hidroenergetic este completat cu o ecluză E prevăzută la capete cu porţile P_1 şi P_2.

Scanned with OKEN Scanner

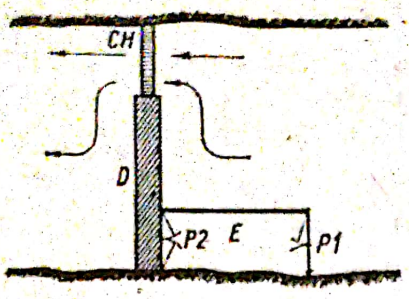


Fig. 1.3. Schema unui sistem hidroenergetic pe firul apei.

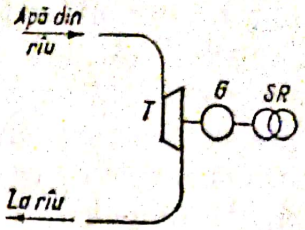


Fig. 1.4. Schema de principiu a centralei hidroelectrice pe firul apei.

În schiţa din figura 1.4 se indică principiul de funcţionare al unei centrale hidroelectrice pe *firul apei*. Se poate observa că, spre deosebire de centrala termoelectrică, circuitul apei este deschis, adică turbina utilizează mereu altă apă (din râu) pe măsură ce apa utilizată anterior a revenit în albia râului. Din această cauză aceste centrale depind de variaţia debitului de apă din râu. În situaţia unor ploi abundente, pentru a nu pune în pericol instalaţiile centralei, sunt prevăzute în dig sisteme de deversare în albia râului a surplusului de apă.

• **Centralele cu lac de acumulare** (fig. 1.5) se execută pe râurile de munte, unde debitul de apă este foarte variabil, pentru a se evita o funcţionare discontinuă a centralei. Lacul se formează prin crearea unui baraj *B* pe râul *R*. Râul îşi va relua cursul numai după umplerea lacului, în baraj fiind efectuată o deschidere pentru aceasta. Apa necesară antrenării turbinei are următorul traseu: este preluată din lac printr-o priză *P* şi, prin canalul de aducţiune *CA*, este adusă în camera de echilibru *CE;* din camera de echilibru ajunge în centrala hidroelectrică *CH* prin conducta forţată *CFO*, datorită diferenţei mari de nivel dintre acestea. Astfel, energia potenţială a apei este utilizată la antrenarea turbinei centralei pentru producerea energiei electrice. După trecerea prin turbină apa este evacuată din centrală în albia râului prin canalul de fugă *CF*.

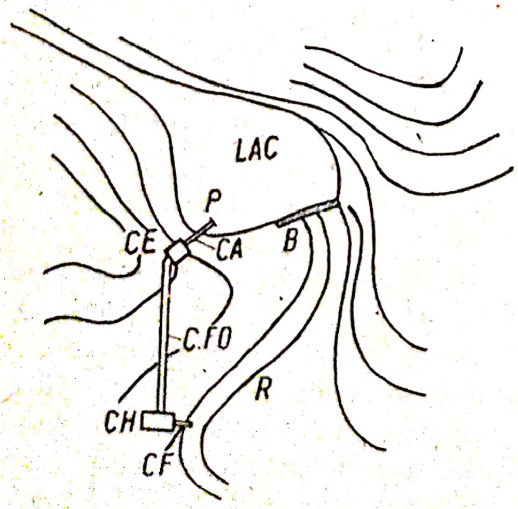


Fig. 1.5. Schema unui sistem hidroenergetic cu lac de acumulare.

Centralele hidroelectrice cu lac de acumulare prezintă o mare stabilitate în funcţionare, nefiind influenţate decât foarte rar de regimul de precipitaţii. Acestea însă necesită investiţii foarte mari, datorită creării lacului de acumulare, construcţiei barajului şi a celorlalte construcţii auxi-liare centralei. În ţara noastră marile centrale de la Bicaz, Lotru şi Argeş sunt cu lac de acumulare. Acestea sunt însoţite de alte centrale mai mici, pe firul apei, care au un dublu scop: unul de a produce energie electrică şi al doilea de a regulariza cursul râului respectiv pentru a putea fi folosit cu mai multă eficienţă în navigaţie.

Scanned with OKEN Scanner

3. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE PRIN TRANSFORMAREA ENERGIEI EOLIENE

Centralele eoliene se utilizează numai local, în zonele unde există vânturi permanente şi cu o viteză suficientă pentru antrenarea generatorului electric. Antrenarea se face printr-o elice cu aripi de dimensiuni mari pentru a reacţiona eficient şi la viteze reduse ale aerului. De regulă, astfel de centrale furnizează energia electrică pentru consumul local sau pentru un număr mic de locuinţe. Aceste centrale sunt eficiente în zona litoralului, unde curenţii de aer au o constanţă ridicată pe toată durata anului.

4. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE PRIN TRANSFORMAREA ENERGIEI CHIMICE

Prin acest mijloc se obţine energie electrică pentru un consum redus şi pe un timp limitat. Este cazul alimentării diferitelor aparate electrice: de radio şi de televiziune portabile, minicalculatoare, casetofoane, aparate de măsură (ohmmetre etc.) sau pentru asigurarea pornirii pe cale electrică a motoarelor cu ardere internă (la autovehicule etc.), pentru alimentarea unor corpuri de iluminat de mică putere pentru a se evita accidentele sau panica, pentru alimentarea unor instalaţii de avertizare cu un consum mic de energie, pentru alimentarea instalaţiilor telefonice etc. Energia electrică se obţine în urma unor reacţii chimice ce au loc într-un proces de electroliză. Astfel, între doi electrozi aflaţi într-un mediu electrolitic se formează o diferenţă de potenţial ce depinde de natura electrozilor. Această unitate poartă numele de *pilă electrică.* Asamblate, mai multe astfel de pile prin legare în serie şi paralel formează *bateriile electrice.* La rândul lor, bateriile pot fi grupate în serie şi paralel într-un număr convenabil, pentru a crea diferenţa de potenţial şi intensitatea electrică dorită.

5. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE PRIN TRANSFORMAREA ENERGIEI SOLARE

Principiul de transformare a energiei solare în energie electrică se bazează pe aşa-numitul *efect fotoelectric,* adică pe proprietatea unor metale (seleniu etc.) de a emite electroni atunci când sunt supuse unui flux luminos. Aparatele construite după acest principiu se numesc *celule fotoelectrice* (fig. 1.6). Acestea, supuse unui flux de lumină, asigură la bornele 4 o diferenţă de potenţial datorită emisiei de electroni a stratului 2 către stratul metalic, foarte bun conducător, 3. Mai multe celule fotoelectrice, prin legare convenabilă în serie şi paralel, formează o *baterie electrică solară,* aceasta având forma unui panou. Bateriile electrice solare sunt în prezent utilizate cu precădere în tehnica spaţiului cosmic pentru alimentarea cu energie electrică a navelor cosmice şi a sateliţilor. De asemenea, se folosesc curent pentru alimentarea minicalculatoarelor electronice.

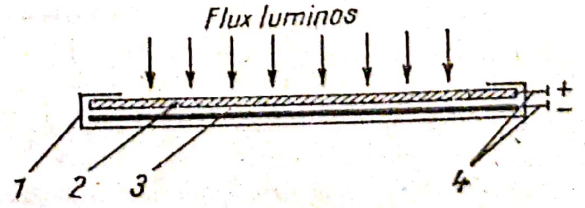


Fig. 1.6. Celulă fotoelectrică:

1 — carcasă izolatoare; *2* — strat fotoelectric; *3* — strat metalic foarte bun conducător de electricitate; *4* — contactele electrice.

Scanned with OKEN Scanner

C. TRANSPORTUL ENERGIEI ELECTRICE

Dezavantajul principal al energiei electrice este acela că ea nu poate fi înmagazinată, sau cantităţile de energie ce se pot înmagazina sunt practic nesemnificative. Din această cauză, energia electrică produsă într-o centrală electrică este necesar să fie transportată până în locurile unde urmează a fi consumată în acelaşi moment în care este produsă.

În ţara noastră alimentarea consumatorilor nu se face direct de la o centrală electrică, ci de la *sistemul energetic naţional.* În linii mari acesta se reduce la o reţea în circuit închis în care centralele electrice debitează energie electrică şi din care consumatorii absorb aceeaşi energie.

Energia electrică utilizată de marea majoritate a consumatorilor are tensiunea de 380/220 V. Energia electrică produsă de generatorul electric într-o centrală are tensiunea de 6 kV — 24 kV. Pe de altă parte, pentru a putea fi transportată cu pierderi mici energia electrică trebuie să aibă o tensiune cât mai ridicată: 110 kV, 220 kV, 400 kV şi chiar 750 kV. Din aceste motive sistemul de reţele electrice ce leagă consumatorii de centrale electrice cuprinde:

— *o staţie de ridicare a tensiunii* pentru energia electrică dată de generator, de la 6—24 kV la 110 kV etc.;

— *linii de transport* la distanţă a energiei electrice, care formează un sistem unitar, atât regional, cât şi naţional;

— *staţii electrice* pe traseul liniilor de transport pentru:

— a ridica tensiunea cu una sau mai multe trepte (cu ajutorul transformatoarelor);

— pentru a conecta (lega) două sau mai multe surse de energie (centrale electrice);

— pentru a conecta două sau mai multe linii electrice de transport.

În figura 1.7 este reprezentată o schiţă simplificată a unui sistem electric de transport. Centralele electrice CE_1 şi CE_2 furnizează energia electrică la tensiunea de 6 kV prin generatoarele G_1 şi G_2 şi respectiv G_3 şi G_4. Staţiile ridicătoare SR_1 şi SR_2 asigură aducerea tensiunii la valoarea de 110 kV ce

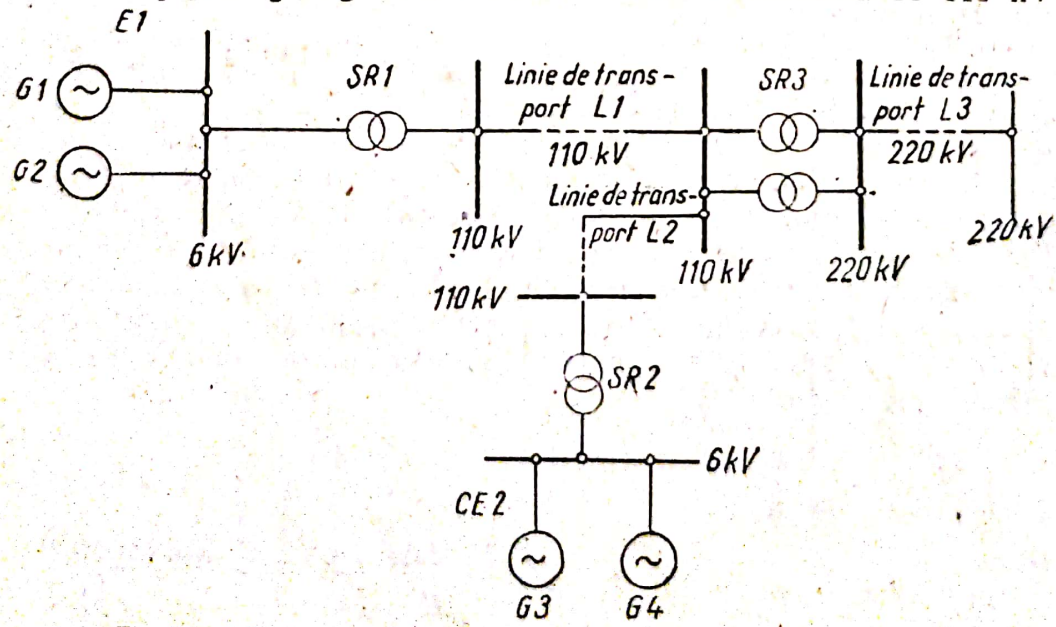


Fig. 1.7. Schiţă pentru un sistem de transport al energiei electrice.

Scanned with OKEN Scanner

permite transportarea economică a energiei pe liniile L_1 şi L_2. În staţia SR_3 se execută:

— conectarea liniilor L_1 şi L_2;

— ridicarea tensiunii de la 110 kV la 220 kV.

Transportul în continuare se execută prin linia L_3 de 220 kV.

La capătul liniei de transport se plasează staţii de coborâre a tensiunii pentru a permite distribuţia în continuare a energiei electrice.

Liniile electrice de transport se execută aerian (*LEA*).

D. DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE

Se realizează printr-un sistem de reţele aflat în prelungirea reţelelor de transport până la consumatori. Pe aceste reţele se găsesc staţii de reducere a tensiunii, astfel încât la consumatori aceasta să ajungă la valoarea de 10—6 kV sau 380/220 V. În figura 1.8, SC_1 asigură reducerea tensiunii de la 110 kV la 35 kV şi energia este distribuită pe una sau mai multe linii L_1. În staţia SC_2 tensiunea este redusă la 6 kV de unde este distribuită pe liniile L_2. Energia electrică poate fi utilizată de unii consumatori chiar la această tensiune (consumatorii C_1 şi C_2) atunci când au puteri foarte mari. Consumatorii C_1 şi C_2 se numesc *consumatori de medie tensiune.* În celelalte cazuri (marea majoritate) energia electrică mai este transformată de la 6 kV la 400/230 V (cazul consumatorului C_3 din figura 1.8) printr-un post de transformare (PT_1). De la acest post, energia electrică este distribuită la receptoare în aşa fel încât la intrarea în aceştia valoarea tensiunii să fie de 380/220 V.

Distribuţia energiei electrice se execută, de regulă, prin linii electrice subterane (*LES*) sau îngropate în elementele de construcţii. Mai rar, se execută şi prin linii aeriene (*LEA*). Energia electrică astfel transportată trebuie să ajungă a fi utilizată de *receptoarele electrice* pentru a o transforma în energie mecanică (motoare), luminoasă (corpurile de iluminat), termică (cuptoarele electrice) etc., permiţând omului să-şi desfăşoare activitatea zilnică. Centralele electrice, liniile de transport şi distribuţie până la consumatori aparţin *furnizorului de energie electrică.*

Noţiunea de *consumator* este destul de largă, ea putând fi aplicată:

— unui grup de receptoare aflate într-un ansamblu constructiv, unitar, alimentat cu energie electrică. Este cazul locuinţelor, clădirilor social-administrative;

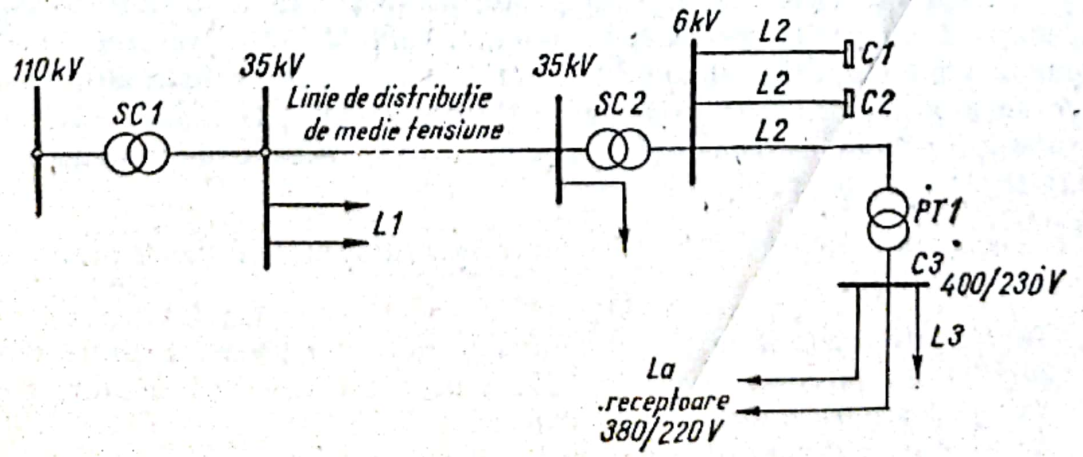


Fig. 1.8. **Schemă pentru distribuirea energiei electrice.**

Scanned with OKEN Scanner

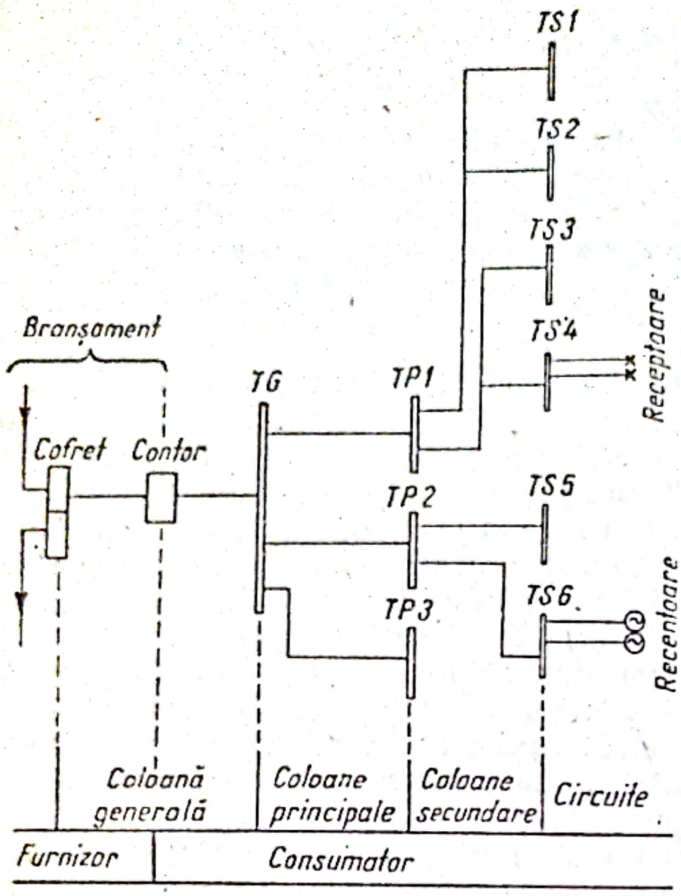


Fig. 1.9. **Schemă de distribuţie a energiei electrice la consumator.**

— unui receptor de mare putere care obligă la o alimentare separată, cum sunt motoare de puteri foarte mari, cuptoare electrice etc.

Pe traseul unei reţele de distribuţie, de la postul de transformare de joasă tensiune (400 V) până la receptoare, se deosebesc următoarele părţi mai importante din instalaţia electrică:

— **branşamentul electric** (fig. 1.9) reprezintă legătura dintre o linie principală de distribuţie şi consumator. În figura 1.8 linia de tip L_2 către C_1 şi C_2 reprezintă *branşamente de medie tensiune* (6 kV), iar legătura de la postul de transformare PT_1 la consumatorul C_3 reprezintă un *branşament de joasă tensiune* (380 V);

— **cofretul** (fig. 1.9) reprezintă locul în care se face legătura electrică dintre reţeaua de distribuţie principală a furnizorului şi consumator. Acesta poate fi asimilat cu un tablou electric;

— **contorul electric** (fig. 1.9) reprezintă aparatul ce înregistrează consumul de energie electrică al consumatorului. El constituie punctul de separare între cele două reţele de distribuţie (cea a furnizorului şi cea a consumatorului);

— **tabloul electric** (fig. 1.9) reprezintă un ansamblu de aparate ce asigură distribuţia energiei electrice către receptoare. *Tabloul electric general (TG)* este tabloul cel mai important al consumatorului. Acesta asigură distribuţia energiei către un număr de *tablouri principale (TP)*, iar acestea, la rândul lor, asigură distribuţia energiei la *tablourile secundare (TS)*. Ultimele asigură distribuţia energiei electrice la receptoare;

— **coloana electrică** (fig. 1.9) reprezintă legătura electrică dintre două tablouri electrice;

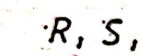
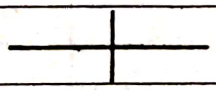
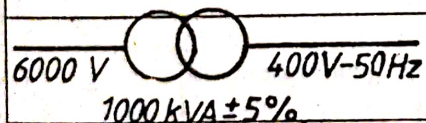
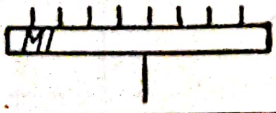
— **circuitul electric** (fig. 1.9) reprezintă legătura electrică dintre tabloul secundar şi un receptor (corp de iluminat, priză electrică, motor, cuptor electric, plită electrică, aparat de sudare etc.).

În tabelul 1.1 sunt indicate unele dintre cele mai importante semne convenţionale ce sunt utilizate în desenele de instalaţii electrice.

Scanned with OKEN Scanner

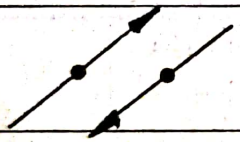
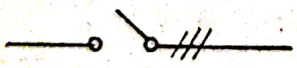
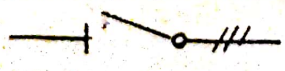
TABELUL 1.1

Semne convenţionale în instalaţii electrice

Semnul convenţional	Denumirea semnului convenţional	Simbol
0	1	2
	Linie electrică monofazată Conductă electrică	
	Linie electrică trifazată Conducte electrice pe acelaşi traseu	
	Bare electrice în tablouri, posturi de transformare etc.	
	Curent continuu, tensiune continuă	
	Curent alternativ, tensiune alternativă	
	Iniţialele pentru fazele unui circuit trifazat	
	Derivaţie de conducte electrice (doză)	
	Încrucişarea de conducte electrice, fără legătură electrică	
	Legătură directă între conductoare	
	Bornă, legătură între conductoare prin cleme, legătură la bornă	
	Defect de izolaţie	
	Legătură electrică la pământ	
	Transformator trifazat (de la 6 000 V la 400 V, 50 Hz şi de putere 1 000 kVA ± ± 5%)	
	Branşament: intrare-ieşire (alimentat în buclă)	
	Branşament (alimentat radial)	
	Tablou de distribuţie: *MI* — metalic închis; *C* — capsulat Se pot trece şi alte semne şi se vor indica într-o legendă	
	Firidă	

Scanned with OKEN Scanner

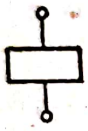
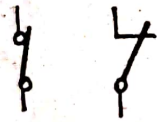
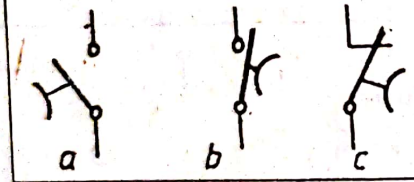
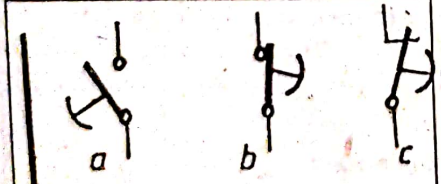
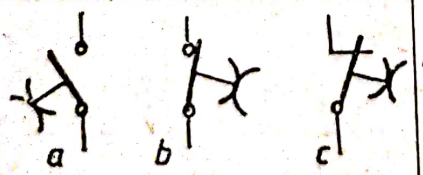
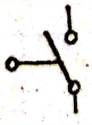
TABELUL 1.1. (continuare)

0	1	2
	Motor de curent alternativ	
	Motor de curent continuu	
	Corp de iluminat cu incandescenţă sau fluorescent de înaltă presiune	
	Corp de iluminat cu incandescenţă de siguranţă	
	Corp de iluminat fluorescent de joasă presiune	
	Corp de iluminat fluorescent de joasă presiune, de siguranţă	
	Circuit care vine de sus şi circuit care se duce sus	
	Circuit care vine de jos şi circuit care se duce jos	
	Circuite care trec prin încăpere venind de jos şi respectiv de sus	
	Întreruptor mono-, bi- şi tripolar de tip pache (pentru desen în plan)	*a**
	Comutator (întreruptor dublu) pentru desen în plan	*a*
	Întreruptor de capăt şi cruce (pentru desen în plan)	*a*
	Întreruptor pârghie tripolar	*a*
	Întreruptor automat	*a*
	Separator (pentru scheme)	*a*

* Notaţiile literale din tabel au următoarea corespondenţă în schemele mai noi: *a*, *b* → *S*; *c* → *M*; *d* → *D*; *a* → *F*; *f*, *m* → *M*; *i* → *I*; *h* → *H*.

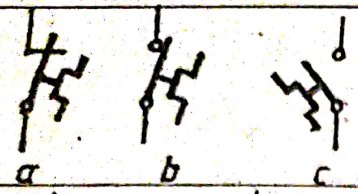
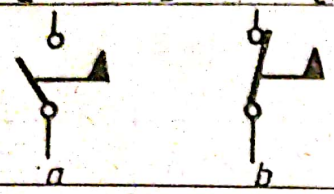
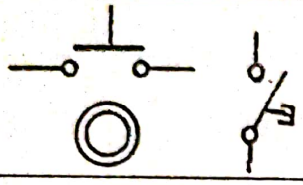
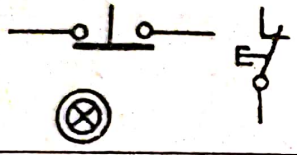
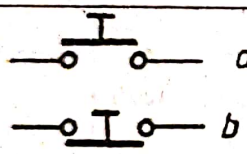
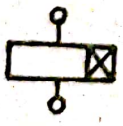
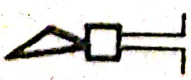
Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 1.1. (continuare)

0	1	2
	Contactor şi ruptor	*a*
	Priză bipolară (monofazată) fără contact de protecţie	*f*
	Priză dublă bipolară (monofazată) fără contact de protecţie	*f*
	Priză bipolară cu contact de protecţie (monofazată)	*f*
	Priză trifază cu contact de protecţie	*f*
	Bobină de acţionare Bobină de releu Bobină de contactor Bobină de întreruptor automat	*d, c, i*
	Contact normal deschis (de releu, contactor, întrerupător automat)	*d, c, a*
	Contact normal închis	*d, c, i*
	Contact cu temporizare la închidere: *a* — normal deschis; *b* — normal închis	*d*
	Contact cu temporizare la deschidere: *a* — normal deschis; *b* — normal închis	*d*
	Contact cu temporizare la deschidere şi la închidere; *a* — normal deschis; *b* — normal închis	*d*
	Contact de sfârşit de cursă	*b*

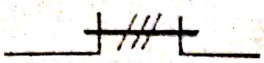
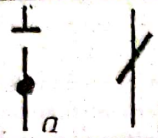
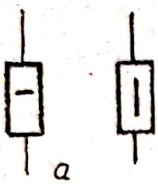
Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 1.1. (continuare)

0	1	2
	Contact de acţionat de releu termic: *a* — normal închis; *b* — normal deschis	*c*
	Contact cu zăvorâre (blocare) mecanică: *a* — normal deschis; *b* — normal închis	*b*
	Buton de comandă cu revenire automată: normal deschis	*b*
	Buton de comandă cu revenire automată: normal închis şi cu lampă de semnalizare	*b*
	Buton de comandă fără revenire automată: *a* — normal deschis; *b* — normal închis	*b*
	Aparat de măsură indicator: *A* — ampermetru; *V* — voltmetru; *W* — wattmetru	*g*
	Aparat de măsurat înregistrator: *kWh* — contor de energie activă *kVA* — contor de energie reactivă	*g*
	Bobină pentru releu de temporizare	*d*
	Hupă	*h*
	Sonerie	*h*
	Siguranţă fuzibilă	*h*

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 1.1. (continuare)

0	1	2
	Siguranţă de mare putere de rupere (MPR)	*e*
	Separator de înaltă tensiune: *a* — în scheme operative; *b* — în scheme de principiu	
	Întrerupător de înaltă tensiune: *a* — în poziţie normal deschis; *b* — în poziţie normal închis	

1. SCHEMA DE DISTRIBUŢIE A ENERGIEI ELECTRICE LA CONSUMATORI

Distribuţia energiei electrice la consumatori se face prin reţelele furnizorului. Pentru *micii consumatori* aceste reţele sunt de *joasă tensiune,* iar pentru *marii consumatori* sunt *de medie tensiune.* Locul în care consumatorul primeşte energia electrică se numeşte *staţie de primire.* Pentru cazurile în care distribuţia la consumator este prin branşament de joasă tensiune, *staţia de primire* este *cofretul* sau *tabloul general.* Pentru cazurile în care distribuţia la consumator este prin branşament de medie tensiune *staţia de primire este un post de transformare.*

Alimentarea consumatorului se poate face din reţeaua furnizorului în derivaţie:

— *direct* (fig. 1.10);
— *sistem intrare-ieşire* (fig. 1.11);
— *radial* (fig. 1.12).

În primul caz dintr-o reţea alimentată la două capete la tensiunea de 400 V sunt racordaţi în derivaţie toţi consumatorii $C_1 \dots C_n$ (fig. 1.10). Legătura la un consumator se face direct din reţea, în punctele $A_1 \dots A_n$. Reţeaua se execută sub formă de buclă, adică alimentată la ambele capete. Aceasta permite funcţionarea consumatorilor şi în cazul unui defect pe reţea.

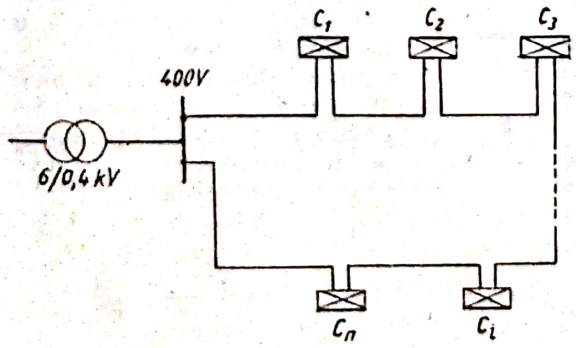


Fig. 1.10. Schema de legare directă a consumatorilor.

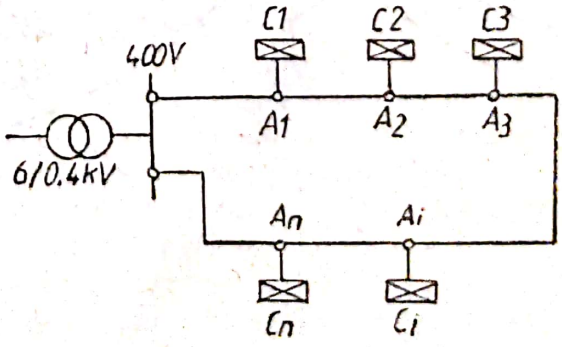


Fig. 1.11. Schema de legare în sistem intrare-ieşire a cosumatorilor.

Scanned with OKEN Scanner

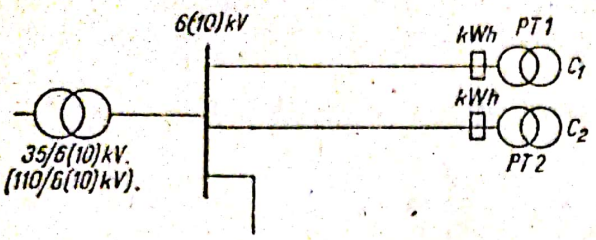


Fig. 1.12. **Schemă de legare radială a consumatorilor alimentaţi pe medie tensiune.**

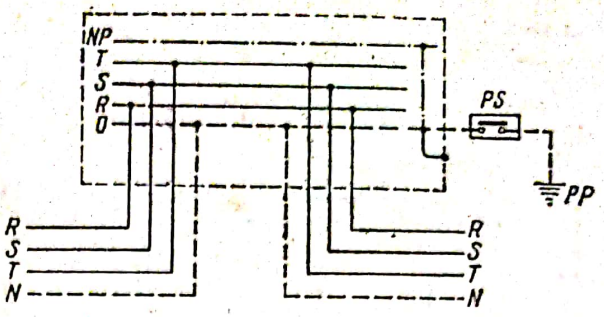


Fig. 1.13. **Schema de realizare a legăturilor electrice într-un cofret alimentat în buclă:** *R, S, T* — fazele reţelei; *N* — nulul comun; *NP* — nulul de protecţie pentru consumator; *OO* — nulul de lucru; *PS* — piesă de separaţie; *PP* — priză de pământ.

Locurile în care probabilitatea de defect este cea mai mare sunt chiar locurile de racordare $A_1 ... A_n$ a consumatorilor, deoarece acestea sunt supuse acţiunii mediului (variaţiilor de temperatură, umiditate, vânt etc.). În cazul unui astfel de defect, alimentarea consumatorului, racordat într-un astfel de punct, este întreruptă pe perioada reparaţiilor.

Racordarea în sistemul intrare-ieşire oferă siguranţă şi mai mare, deoarece evită neajunsurile sistemului de mai sus. Consumatorii sunt legaţi tot în derivaţie (fig. 1.13), dar legătura se face în cofret, într-un loc protejat. În cazul unui defect la cofret consumatorul va fi oricum alimentat pe una dintre cele două căi de curent.

Sistemul de branşament radial se adoptă în special pentru alimentarea consumatorilor direct pe medie tensiune (fig. 1.12) şi foarte rar pe joasă tensiune (atunci când consumatorul este izolat şi la mare distanţă de reţeaua furnizorului).

Branşamentele se pot realiza *aerian* şi *subteran*. Branşamentul aerian se realizează numai direct din reţea şi se adoptă cu precădere în mediul rural (fig. 1.14). Acesta cuprinde conductele de racord *3* între linia aeriană *2* şi

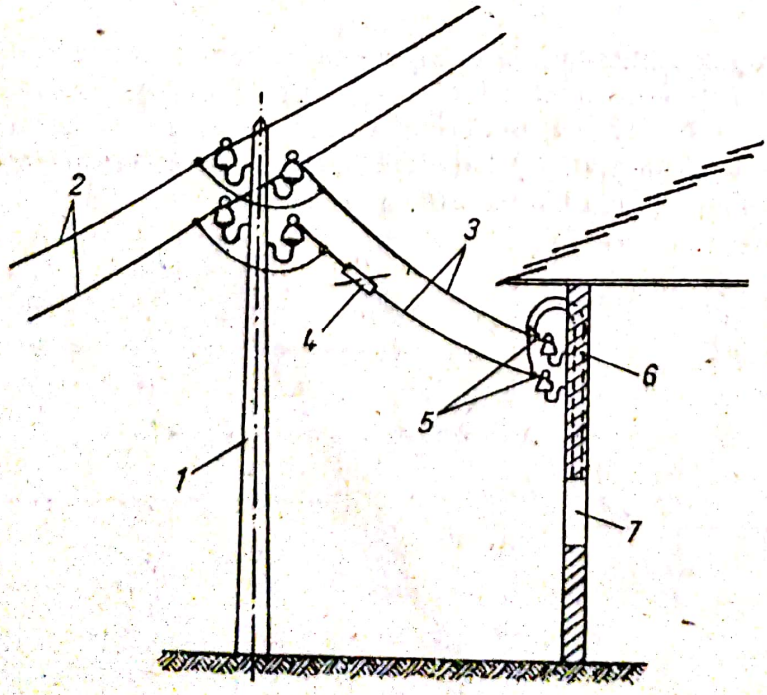


Fig. 1.14. **Branşament aerian:** *1* — stâlp; *2* — linia aeriană de distribuţie monofazată; *3* — racordul direct (branşamentul); *4* — siguranţa de protecţie; *5* — izolatoare; *6* — ţeavă de protecţie pentru conducte; *7* — cofretul sau tabloul electric.

Scanned with OKEN Scanner

cofretul sau tabloul electric 7. Pe aceste conducte se află o siguranţă de protecţie 4, montată pe stâlpul 1. După ce au ajuns la construcţie conductele electrice se protejează până la cofret cu ţeava 6. Se adoptă cofret când branşamentul alimentează mai mulţi consumatori (2—3) şi tabloul electric când consumatorul este unic.

2. CLASIFICAREA CONSUMATORILOR DE ENERGIE ELECTRICĂ ŞI A RECEPTOARELOR ELECTRICE

Consumatorii de energie electrică se pot clasifica în *mari consumatori* (când au puterea peste 50 kW) şi *mici consumatori*. Aceştia pot fi *industriali* sau *neindustriali* (clădiri social-administrative, teatre, spitale, clădiri de locuit etc.). Receptoarele electrice sunt aparate ce transformă energia electrică într-o altă formă de energie utilă omului (mecanică, luminoasă, chimică, electrică etc.).

Din punctul de vedere al siguranţei în continuitatea alimentării cu energie electrică receptoarele se clasifică în următoarele categorii:

— *categoria 0*, care cuprinde receptoare ce necesită o alimentare permanentă. Întreruperea alimentării cu energie electrică la aceste receptoare ar provoca pierderi de vieţi omeneşti;

— *categoria 1*, care necesită de asemenea o alimentare permanentă, dar la care întreruperea alimentării cu energie electrică nu cauzează pierderi de vieţi omeneşti;

— *categoria 2*, pentru care întreruperea în alimentarea cu energie electrică nu poate fi mai mare de 2 h;

— *categoria 3*, pentru care întreruperea în alimentarea cu energie electrică este de maximum 24 h.

Aceeaşi clasificare poate fi aplicată şi consumatorilor.

3. CONDIŢII DE RACORDARE PENTRU RECEPTOARE CU CARACTER SPECIAL

În această categorie de receptoare cu caracter special intră receptoarele care necesită o siguranţă în continuitatea alimentării mai mare decât cea corespunzătoare consumatorului din care fac parte. Aceasta se întâmplă la consumatorii de categoriile 2 şi 3 care au în componenţa lor receptoare ce pot fi încadrate în categoria 0 sau 1. Aceste receptoare au o putere mică comparativ cu puterea întregului consumator şi asigurarea condiţiilor de siguranţă necesare acestora pentru întregul consumator ar duce la risipă de materiale, cost de investiţie exagerat. De aceea, acestor receptoare li se va asigura gradul de siguranţă necesar în alimentarea cu energie electrică printr-o racordare corespunzătoare. În această categorie de receptoare cu caracter special intră:

— corpurile de iluminat pentru *iluminatul de siguranţă;*

— motoarele destinate *ascensoarelor de persoane, pompelor pentru incendiu;*

— sistemele automate de *avertizare* (de depăşire a temperaturii, presiunii, de apariţie a incendiului etc.).

Scanned with OKEN Scanner

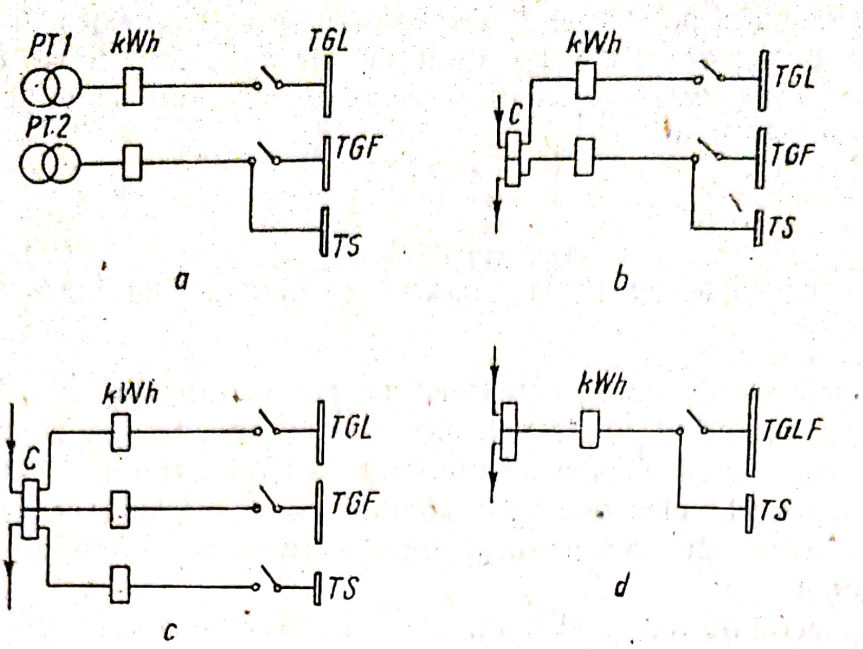


Fig. 1.15. **Legarea tabloului de siguranţă TS la o singură sursă:**
a, b, c — de la un branşament diferit de TGL; *d* — de la acelaşi branşament cu al TGLF.

De regulă, aceste tipuri de receptoare sunt alimentate de la acelaşi tablou, numit *tablou de siguranţă.* Rareori se adoptă tablouri independente pentru grupe de astfel de receptoare.

Tabloul de siguranţă *(TS)* poate fi alimentat de la o *singură sursă* (fig. 1.15) şi atunci se leagă:

— înaintea întreruptorului tabloului *TGF,* dar după contorul acestuia (fig. 1.15, *a* şi *b*), indiferent cum este alimentat *TGF* (direct de la un post de transformare, sau de la cofret);

— direct de la cofretul de branşament, fiind prevăzut cu contor propriu (fig. 1.15, *c*);

— înaintea întrerupătorului tabloului *TGLF* (fig. 1.15, *d*), dar după contor, atunci când există un singur tablou de lumină şi forţă.

O altă soluţie este de a lega tabloul de siguranţă la *două surse:* una principală şi una de rezervă, sursa de rezervă intrând în funcţiune printr-un sistem de *AAR* (anclanşare automată a rezervei) (fig. 1.16). A doua sursă de energie electrică de numeşte *sursă independentă* şi poate fi:

— *un alt branşament* de la un alt *PT* (sau cofret) decât cel al consumatorului, dimensionat numai pentru puterea receptoarelor din *TS;*

— *un grup motor-generator,* propriu consumatorilor şi ţinut în rezervă pentru situaţiile de avarii ale sursei principale;

— *o baterie de acumulatoare* (numai în cazul receptoarelor de iluminat şi instalaţiilor de avertizare) proprie consumatorului.

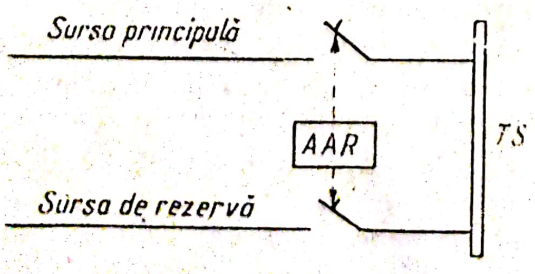


Fig. 1.16. **Legarea tabloului de siguranţă la două surse de energie electrică.**

Scanned with OKEN Scanner

4. SCHEME DE RACORDARE A RECEPTOARELOR UNUI CONSUMATOR (SCHEME PRINCIPALE DE DISTRIBUŢIE ÎN CLĂDIRI)

Aşa cum s-a mai arătat, energia electrică se distribuie dintr-un tablou în altul începând cu tabloul general până la tablourile secundare. Aceasta asigură alimentarea cu energie electrică a unor receptoare din aceeaşi categorie (lumină sau forţă) şi aflate într-un perimetru restrâns. Schemele principale de distribuţie cuprind modul în care se face legătura electrică între tablourile electrice ale clădirii, de la tabloul general *TG* până la tablourile secundare *TS*.

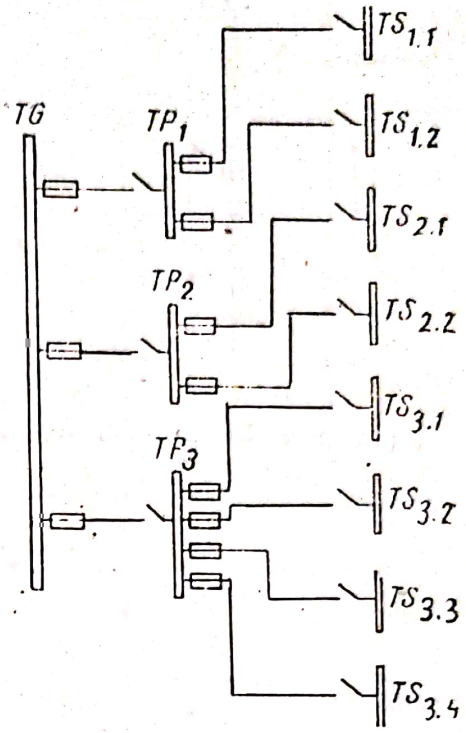


Fig. 1.17. **Schema de distribuţie radială simplă.**

• **Schema de distribuţie radială simplă** (fig. 1.17). Tabloul general alimentează prin coloane principale tablourile principale TP_1, TP_2, TP_3, acestea prin coloane secundare tablourile secundare *TS*1.1 ... *TS*3.4, ultimele făcând apoi legătura la receptoarele electrice. Coloanele sunt de regulă trifazate, datorită puterii mari transformate. Este o schemă des utilizată pentru simplitatea ei, uşurinţa ce o oferă în depistarea defectului şi în remedieri. Are dezavantajul că, cu cât defectul este mai aproape de *TG*, un număr din ce în ce mai mare de receptoare este lipsit de alimentarea cu energie electrică. Tablourile principale pot lipsi dacă consumatorul este mic. Alteori tablourile principale pot asigura atât alimentarea tablourilor secundare, cât şi a unui număr oarecare de receptoare.

• **Schema de distribuţie cu coloane magistrale** (fig. 1.18). Din tabloul general pornesc mai multe coloane *(magistrale)* care asigură legătura în derivaţie pentru două sau mai multe tablouri secundare TS_1, TS_2 şi TS_3 etc. Această distribuţie oferă o mai bună siguranţă în funcţionare, elimină treapta intermediară a tablourilor principale, este uşor de executat, de întreţinut şi de depistat defectele.

• **Schema de distribuţie în cascadă** (fig. 1.19). Este asemănătoare cu schema radială, cu observaţia că dintr-un tablou secundar TS_1 pleacă atât

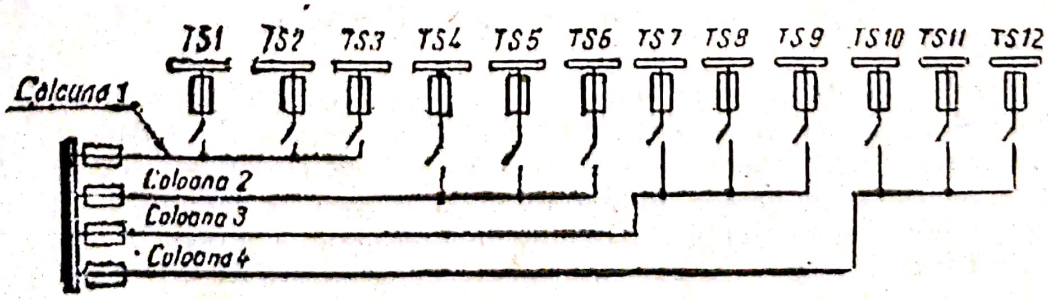


Fig. 1.18. **Schema de distribuţie cu coloane magistrale.**

Scanned with OKEN Scanner

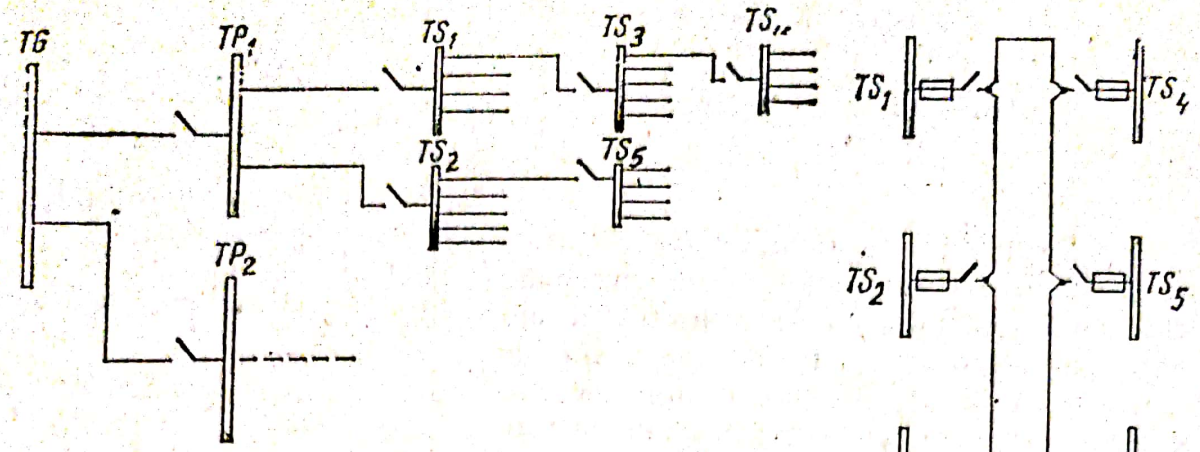
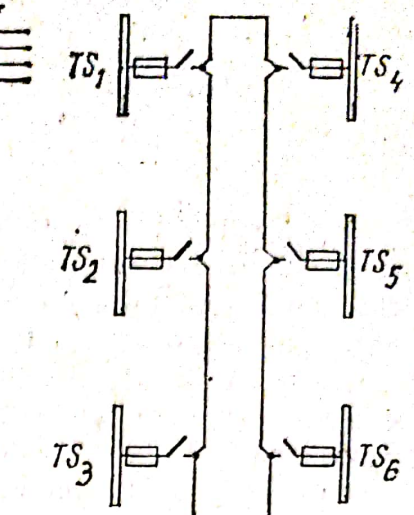


Fig. 1.19. **Schema de distribuţie în cascadă.**



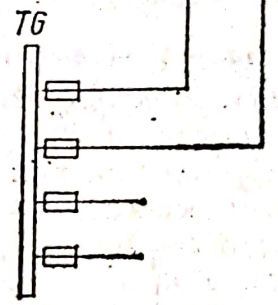


Fig. 1.20. **Schema de distribuţie pentru alimentare în buclă.**

circuite de alimentare pentru receptoare, cât şi o coloană pentru un alt tablou secundar TS_3 etc. Este utilizată în construcţii mai vechi, oferind cea mai mică siguranţă în funcţionare.

• **Schema de distribuţie pentru alimentare în buclă** (fig. 1.20). Este de fapt o schemă cu coloane magistrale alimentate la ambele capete. Oferă cea mai mare siguranţă în funcţionare, dar are un cost mai ridicat din cauza lungimii coloanelor.

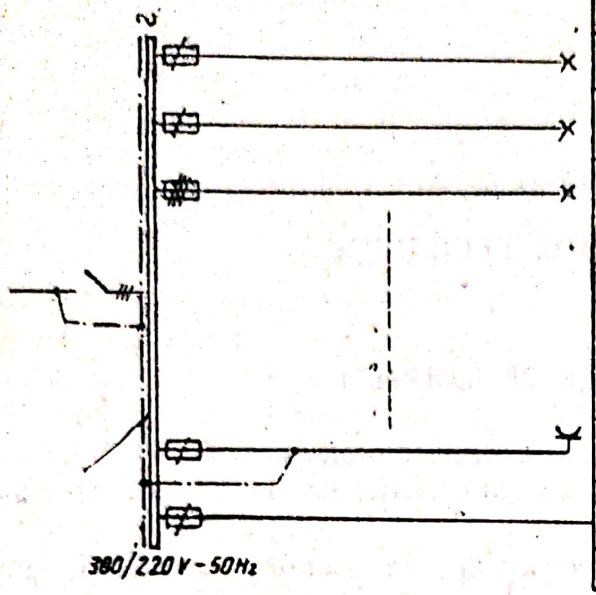
De foarte multe ori schema principală (generală) de distribuţie într-o construcţie (a unui consumator) nu este consecventă în adoptarea unui tip de distribuţie. În funcţie de condiţiile particulare ale amplasării tablourilor secundare şi principale se adoptă o schemă complexă, care îmbină avantajele fiecăreia dintre distribuţiile prezentate, fiind economică şi funcţională pentru situaţia dată.

5. SCHEME SECUNDARE DE DISTRIBUŢIE

Aceste scheme se referă la acele tablouri (de regulă secundare) care asigură alimentarea cu energie electrică a receptoarelor. Ele redau în detaliu dimensiunea coloanei tabloului electric, dimensiunile circuitelor de alimentare, felul, numărul şi puterea receptoarelor, faza pe care se montează, destinaţia receptoarelor şi dimensiunile aparatelor de conectare şi protecţie electrică.

În figura 1.21 este reprezentată o schemă secundară de distribuţie pentru un tablou de lumină şi prize. Tabloul de lumină are 15 circuite pentru alimentarea receptoarelor şi un circuit de rezervă. Urmărind schema se poate

Scanned with OKEN Scanner



Nr circuit	Nr de receptoare	Puterea pe circuit W	Repartizarea puterii pe fazele R	S	T	Destinația circuitului
1	6	600	—	600	—	
2	11	825	—	—	825	
3	24	2400	800	800	800	
15	7	800	800	—	—	
16	Rezervă	900	—	—	900	
TOTAL		12500	4200	4200	4100	

Fig. 1.21. **Schemă secundară de distribuţie pentru un tablou de lumină.**

observa că circuitul *1* este monofazat, legat la faza *S*, cu şase corpuri de iluminat care au o putere totală de 600 W; circuitul *3* este trifazat, cu 24 de corpuri de iluminat cu putere totală de 2 400 W, repartizate în mod egal pe cele trei faze; circuitul *15* este un circuit monofazat cu şapte prize cu contact de protecţie (v. tabelul 1.1), cu puterea instalată de 800 W, şi legat la faza *R* etc. Fiecare circuit are la plecare din tablou siguranţe de protecţie, iar coloana de alimentare este prevăzută cu un întreruptor. Repartizarea puterii de faze se face astfel ca pe fiecare fază să existe aproximativ aceeaşi putere, pentru ca tabloul să poată fi considerat drept un receptor trifazat echilibrat.

Tablourile de forţă au în principiu schema identică, cu observaţia că pe fiecare circuit se află un număr mai mare de aparate de conectare şi protecţie. Pentru aceste tablouri nu se mai indică repartizarea pe faze a receptoarelor, deoarece aproape toate sunt trifazate echilibrate.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 2

RECEPTOARE ELECTRICE

A. CORPURI DE ILUMINAT

Energia electrică se transformă în energie luminoasă prin:

— aducerea unui corp la incandescenţă. Astfel de surse se numesc *surse incandescente;*

— realizarea unei descărcări electrice într-un mediu gazos sau cu vapori metalici. Astfel de surse se numesc *surse cu descărcări în gaze* (sau *vapori metalici);*

— folosirea proprietăţii de fluorescenţă a unor corpuri. Aceste surse se numesc *surse fluorescente.*

Prin *sursă de lumină* se înţelege dispozitivul care, legat la reţeaua electrică (direct sau prin intermediul unor elemente auxiliare), produce radiaţii luminoase. Aceste surse de lumină sunt cunoscute sub denumirea de *lămpi electrice* sau *tuburi luminoase.* Sursele de lumină nu se folosesc ca atare deoarece au fluxul luminos dirijat în toate direcţiile, nu au rezistenţă la lovituri, nu sunt izolate electric, şi atinse, pot provoca accidente. Ele sunt utilizate montate în *corpuri de iluminat.* Acestea sunt aparate ce au rolul:

— de a susţine sursa de lumină şi de a-i oferi protecţie la lovituri;

— de a asigura sursei o distribuţie convenabilă a fluxului luminos;

— de a asigura alimentarea cu energie electrică a sursei şi de a realiza izolarea electrică a acesteia faţă de mediu.

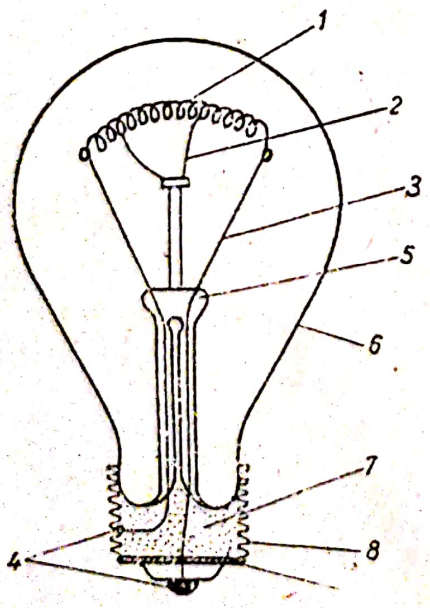


Fig. 2.1. **Becul cu incandescenţă.**

1. SURSE DE LUMINĂ INCANDESCENTE

Lămpile electrice cu incandescenţă sunt cunoscute şi sub denumirea de *becuri.*

Părţile principale ale unui bec electric cu incandescenţă (fig. 2.1) sunt:

— filamentul *1,* executat din wolfram, care parcurs de curent electric ajunge la incandescenţă şi emite radiaţii luminoase;

— electrozii *3,* care prin intermediul contactelor electrice *4* asigură punerea sub tensiune a filamentului;

— filamentul este susţinut la capete de electrozi şi în zona de mijloc de cârligele *2* ce se sprijină pe piesa de sticlă *5* numită lopăţică;

Scanned with OKEN Scanner

— lopăţica *5* mai are rolurile: de a susţine şi izola electrozii *3* şi de a asigura evacuarea aerului din balonul de sticlă *6* şi introducerea unui gaz inert;

— soclul *8* este prins de balon prin materialul de umplutură izolator *7*; contactele electrice *4* sunt izolate prin intermediul stratului izolator *9*.

Puterea becurilor electrice este de 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500 W, pentru tensiunile de 120 V şi 220 V.

Soclurile becurilor se execută:

— filetate (aşa-numitele socluri Edison);

— baionetă (nefiletate — fig. 2.2), ce oferă o bună funcţionare becului şi în condiţiile existenţei vibraţiilor (soclul filetat se poate autodesface). Acestea se fixează prin introducere în dulie, apăsare şi rotire la 90°, până ce elementele de fixare *3* pătrund în locul destinat.

Becurile electrice se racordează la reţea, prin intermediul unui întreruptor sau comutator. Schema electrică este redată în figura 2.3. În realitate, cele două conducte de legătură (de fază şi de nul de lucru) au un traseu mai complicat (fig. 2.4). Astfel, conductele de fază şi nul de lucru sunt aduse de la tabloul electric printr-un tub de protecţie îngropat în perete. În doza de

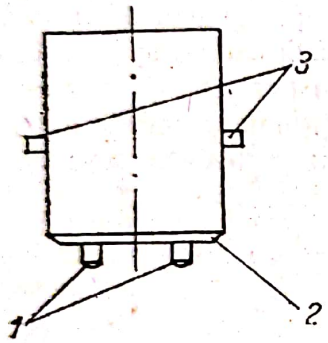


Fig. 2.2. **Soclu tip baionetă:**
1 — contacte electrice; *2* — izolator; *3* — elemente de fixare.

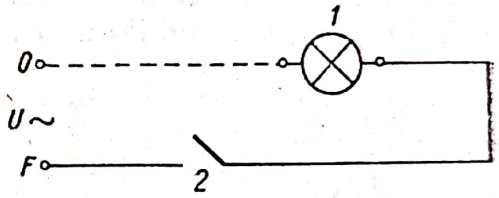


Fig. 2.3. **Schema simplificată pentru legarea de reţeaua electrică a unui bec cu incandescenţă.**
1 — bec electric; *2* — intreruptor montat pe conductorul de fază.

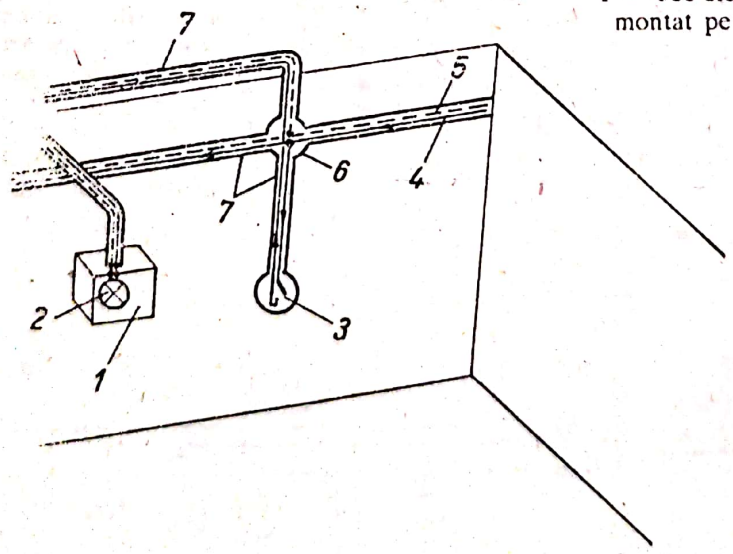


Fig. 2.4. **Schemă de legare la reţea a unui bec:**
1 — corpul de iluminat; *2* — becul; *3* — întreruptorul montat pe fază; *4* — conducta de fază; *5* — conducta de nul; *6* — doza de ramificaţie; *7* — tuburi de protecţie pentru conducte.

Scanned with OKEN Scanner

ramificaţie conducta de fază se leagă la întreruptorul becului electric, iar conducta de nul de lucru se leagă direct la corpul de iluminat. Conductele de fază şi de nul de lucru pot asigura alimentarea cu energie electrică şi pentru alte corpuri de iluminat aflate în încăperile alăturate. De la întreruptor, conducta de fază revine în doza de ramificaţie (prin acelaşi tub de protecţie îngropat în perete) şi de aici, împreună cu conducta de nul de lucru, urmează un traseu spre becul electric, montat în corpul de iluminat. Conductele sunt montate într-un tub de protecţie care la rândul lui este montat îngropat în tavan. Acesta este scos din tavan în apropierea corpului de iluminat pentru a realiza legarea conductelor de fază şi de nul la contactele electrice ale corpului de iluminat.

2. CORPURI DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI CU INCANDESCENŢĂ

Acestea sunt de tip:

— **pendul**, când sunt suspendate. Cel mai utilizat este *pendulul cu glob opal* în care se pot monta surse incandescente până la 200 W (fig. 2.5). Corpul de iluminat se prinde de plafon printr-un cârlig fixat într-un bolţ împuşcat sau într-un diblu de lemn. Tija de suspendare a globului opal este utilizat şi ca tub de protecţie pentru conductele electrice. Tot în această categorie se înscriu şi *lustrele* cu unul sau mai multe braţe; prin tija de suspendare se montează trei conducte electrice pentru a asigura o aprindere raţională a becurilor (fig. 2.6). Lustra *L* este prevăzută cu cinci becuri. Două dintre acestea se aprind

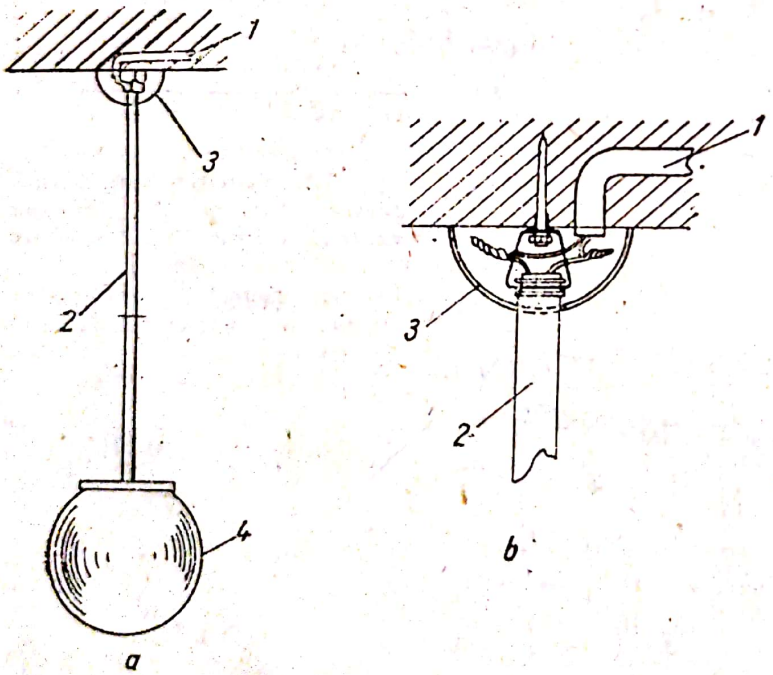


Fig. 2.5. **Pendulul cu glob opal:** *a* — corpul de iluminat; *b* — detaliul de executare a legăturilor electrice : *1* — tub de protecţie pentru conductele electrice de alimentare; *2* — tub pentru suspendarea globului şi trecerea conductelor de alimentare; *3* — mască de protecţie pentru legăturile electrice; *4* — globul opal.

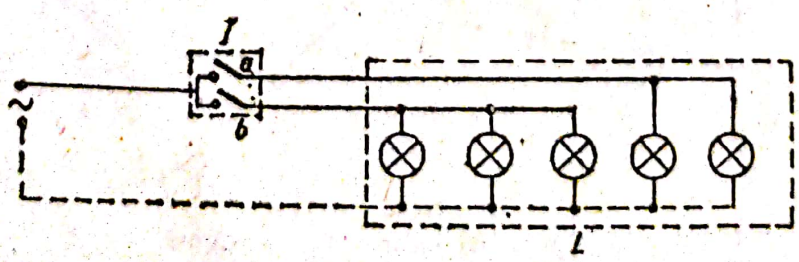


Fig. 2.6. **Schema electrică de legare a becurilor electrice ale unei lustre L cu cinci braţe.**

Scanned with OKEN Scanner

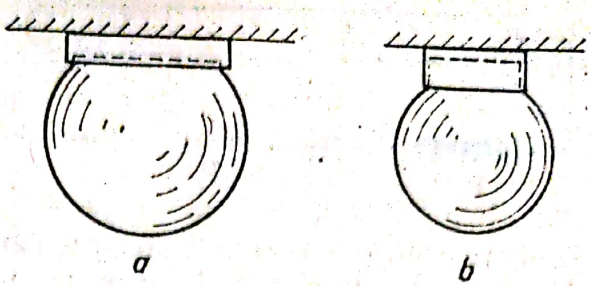


Fig. 2.7. **Plafoniere:**
a — metalică cu glob opal; *b* — din porţelan sau aminoplast cu glob opal.

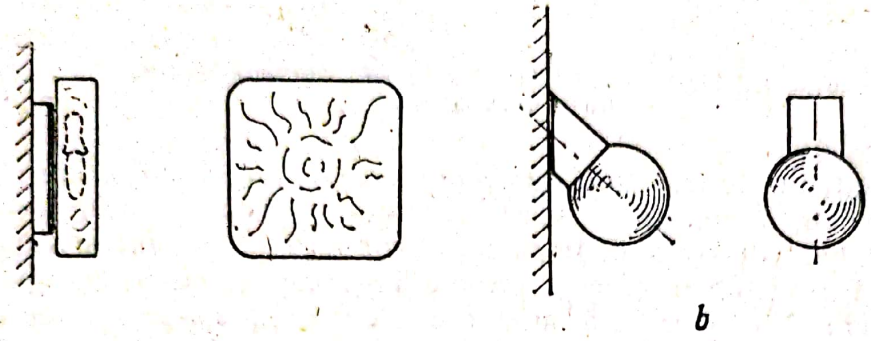


Fig. 2.8. **Aplice**
a — dreaptă ornamentală; *b* — oblică.

prin acţionarea poziţiei *a* a întreruptorului *I*, iar celelalte trei prin acţionarea poziţiei *b* a aceluiaşi întreruptor. Astfel lustra poate funcţiona cu două, trei sau cinci becuri aprinse;

— **plafoniere** (fig. 2.7), când corpul de iluminat este fixat direct de plafon. Acestea sunt *metalice,* în care se pot monta becuri până la 200 W şi *din porţelan* sau *aminoplast*, în care se pot monta becuri până la 60 W. Becul este protejat cu un glob din sticlă opală sau striată;

— **aplice** (fig. 2.8), când corpul de iluminat este fixat pe perete. Din această categorie fac parte *aplicele ornamentale,* ce se execută într-o varietate foarte mare de modele. Tot din această categorie mai fac parte şi *aplicele* din porţelan sau aminoplast cu glob opal (sau sticlă striată etc.). În aplice se montează, de regulă, becuri de 25—60 W;

— **corpuri de iluminat etanşe** la praf şi vapori de apă. În acestea se pot monta becuri până la 200 W. Se racordează cu conducte montate în tuburi etanşe;

— **corpuri de iluminat portabile**, de tip lampadar, veioză, lampă de birou etc. Sunt prevăzute cu un bec de 25—40 W şi au un cordon pentru alimentarea cu energie electrică de la o priză.

3. SURSE DE LUMINĂ CU DESCĂRCĂRI

Acestea sunt sursele folosite la reclame luminoase sau în iluminatul special (în studiouri de televiziune, cinematografie, în tehnica de copiat etc.). Constau dintr-un tub (fig. 2.9) de sticlă la ale cărui capete se află electrozii. În interiorul tubului se găsesc fie gaze (neon, argon, kripton etc.), fie vapori metalici (de sodiu, de mercur etc.).

Calitatea senzaţiilor luminoase (culoarea) depinde de mediul ce se află în tub.

Aceste lămpi se leagă la reţea prin intermediul unei bobine *L* (fig. 2.9) numită şi *balast,* pentru a stabiliza descărcarea.

Scanned with OKEN Scanner

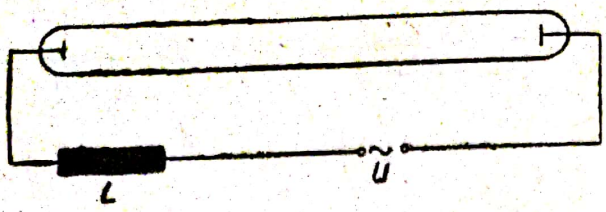


Fig. 2.9. **Schema de legare la reţea a unei lămpi cu descărcări.**

Lămpile pentru reclamele luminoase, datorită distanţei mari dintre electrozi, sunt alimentate cu tensiune înaltă prin intermediul unui transformator.

4. SURSE DE LUMINĂ FLUORESCENTE DE JOASĂ PRESIUNE (TUBURI LUMINOASE)

Acestea sunt sursele care folosesc *fenomenul de fluorescenţă* propriu unor substanţe denumite *luminofori*. Acest fenomen constă în transformarea radiaţiilor invizibile (ultraviolete) în radiaţii vizibile. *Luminoforul* se aplică pe faţa interioară a unui tub în care se produc descărcări electrice în vapori de mercur. În figura 2.10 se indică modul de legare la reţea a unei *lămpi fluorescente tubulare* (presiunea vaporilor de mercur este foarte mică: 3—10 mm Hg; de aceea se mai numesc şi *lămpi fluorescente de joasă presiune*). Lampa fluorescentă T are doi electrozi E_1 şi E_2 executaţi sub formă de filament. De aceea lampa are patru borne, câte două pentru fiecare dintre electrozi. În serie cu electrozii se leagă *balastul* B (bobină) şi un dispozitiv numit *starter* ST. Tubul luminos T, balastul B şi starterul ST se află montate în corpul de iluminat fluorescent CI. Legarea la reţea se efectuează, în rest, ca pentru o sursă incandescentă, utilizându-se un întreruptor I. Starterul ST şi balastul B asigură aprinderea lămpii. După aceea, curentul trece prin tub, scurtcircuitând starterul. Balastul ajută în continuare la funcţionarea stabilă a lămpii. Condensatorul C are rolul de a îmbunătăţi factorul de putere ($\cos \varphi$) al lămpii.

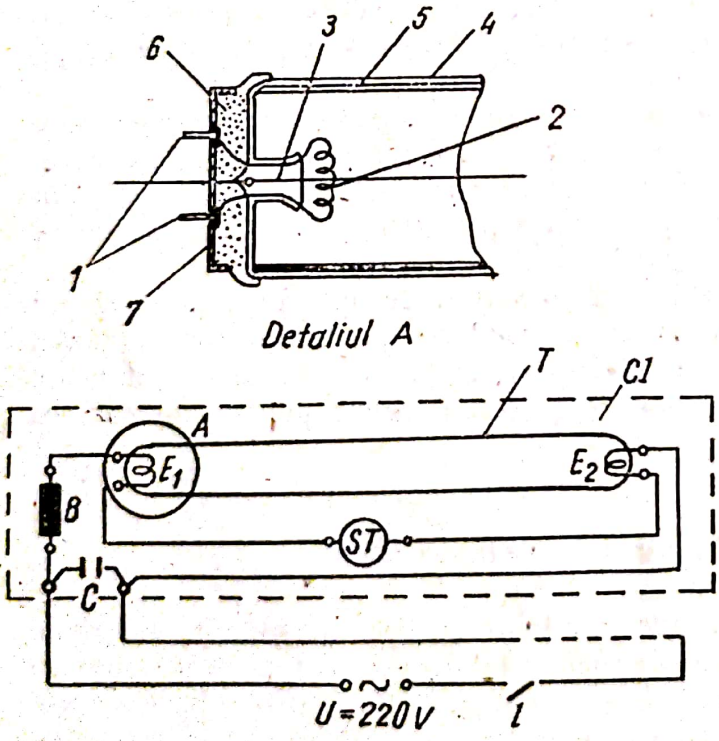


Fig. 2.10. **Schema de legare la reţea a unei lămpi fluorescente de joasă presiune:**
1 — contactele electrodului; *2* — electrod din filament; *3* — lopăţică; *4* — tubul de sticlă; *5* — luminoforul; *6* — material de umplutură şi izolare electrică; *7* — izolator.

Stratul fluorescent se poate executa după câteva reţete care permit obţinerea unor nuanţe diferite pentru culoarea luminii emise de lămpi. De aceea, înlocuirea unei lămpi trebuie să se facă cu o lampă de aceeaşi „culoare", aceasta fiind specificată fie prin denumire, fie printr-un simbol. Aceste nuanţe de culori sunt: *alb lumina zilei corectat* (simbol 1*x*), *alb* (2), *alb superior* (2*x*) *alb cald* (3) *şi alb cald superior* (3*x*).

Scanned with OKEN Scanner

5. CORPURI DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI FLUORESCENTE DE JOASĂ PRESIUNE

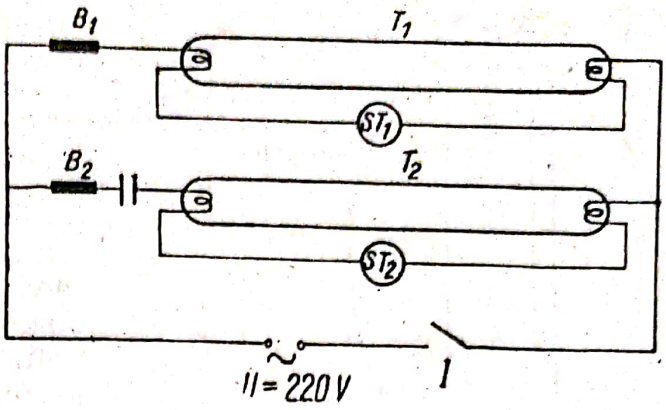


Fig. 2.11. **Montajul duo.**

Aceste corpuri de iluminat se execută într-o gamă largă de sortimente şi încep să fie mult utilizate în prezent datorită avantajelor mari pe care le au lămpile fluorescente, în comparaţie cu cele cu incandescenţă. Corpurile fluorescente sunt indicate prin simboluri compuse din litere fiecare cu semnificaţia ei: *F* — corp de iluminat fluorescent, *I* — pentru interior, *R* — cu reflector (din tablă), *D* — cu dispersor (din material plastic — stiplex), *G* — cu grătar difuzant, *A* — pentru montaj aparent, *I* — pentru montaj îngropat (un al doilea *I*), *S* — pentru montaj suspendat, *SI* — pentru montaj semiîngropat şi *P* — protejat contra umidităţii şi prafului.

Simbolurile sunt însoţite şi de două numere: primul număr indică varianta de fabricaţie (*01, 02* etc.) şi al doilea număr, format din trei cifre, indică:

— prin prima cifră numărul de lămpi din corpul de iluminat;

— prin celelalte două puterea nominală a unei lămpi.

Exemplu.. *FIA-01-240.* Corpul *FIA* (fluorescent pentru interior, montaj aparent), varianta *1*, este echipat cu două lămpi de 40 W.

De multe ori în notaţie se indică şi culoarea lămpilor *FIA-01- 240/2x.*

În cazul în care într-un corp se află mai multe lămpi fluorescente, fiecare dintre acestea se va lega la reţea după modul indicat în figura 2.10, fiecărei lămpi corespunzându-i un balast şi un starter.

Se mai utilizează următoarele montaje de legare la reţea:

— *montajul duo* (fig. 2.11), unde balastul B_1 este o reactanţă inductivă, iar balastul B_2 o reactanţă capacitivă. În acest fel factorul de putere al montajului este aproximativ 1;

— *montajul tandem* (fig. 2.12) pentru două lămpi de 20 W (T_1 şi T_2) care utilizează în comun un balast (B) de 40 W;

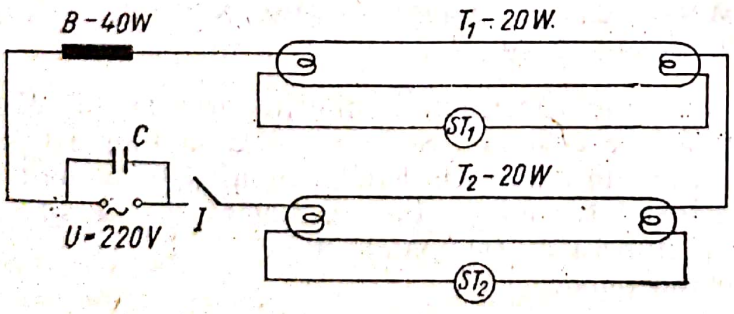


Fig. 2.12. **Montajul tandem.**

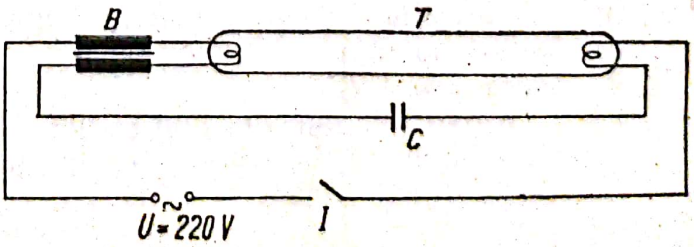


Fig. 2.13. **Montajul fără starter (pentru aprindere rapidă).**

— *montajul fără starter* (fig. 2.13) utilizat pentru lămpile de 40 W montate în corpurile etanşe *FIPA* şi *FIPRA*.

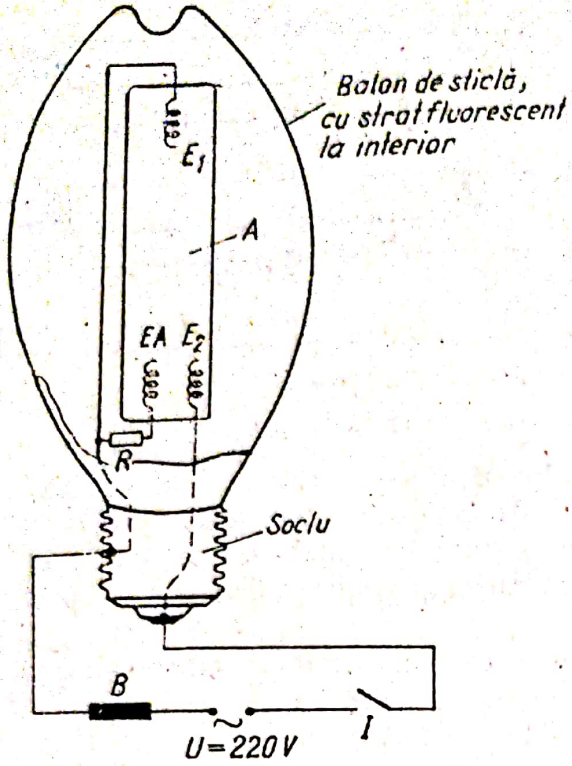


Fig. 2.14. **Balon fluorescent de înaltă presiune legat de reţea.**

6. SURSE DE LUMINĂ FLUORESCENTE DE ÎNALTĂ PRESIUNE (BALOANE FLUORESCENTE)

Acestea sunt surse fluorescente în care descărcarea electrică are loc într-o atmosferă de vapori cu mercur (sau sodiu) şi argon de înaltă presiune, într-un tub scurt numit *arzător A* (fig. 2.14). Arzătorul *A* este introdus într-un balon de sticlă acoperit la interior cu un strat fluorescent. Pentru aprindere este utilizat electrodul auxiliar *EA*, legat la potenţialul electrodului E_1 printr-o rezistenţă *R* mare (aproximativ 4 000 Ω). La început descărcarea are loc între *EA* şi E_2 până ce mediul din arzător se încălzeşte şi ionizează. Abia după aceea are loc descărcarea între E_2 şi E_1 şi lampa funcţionează. Aprinderea pentru astfel de surse, durează 5—10 min. şi este influenţată de temperatura mediului exterior. Cu cât temperatura este mai scăzută, timpul de aprindere este mai lung. Pentru stabilitatea funcţionării lămpii, în serie cu aceasta se montează o bobină (balast inductiv) *B*. Lămpile cu vapori de mercur se fabrică cu puterile nominale de 80 W, 125 W, 250 W, 400 W, şi 1 000 W pentru tensiunea de 220 V. Soclul lămpilor este filetat. De curând se fabrică baloane fluorescente de înaltă presiune, cu vapori de sodiu cu puteri de 70 W, 125 W, 250 W şi 400 W. Acestea din urmă au un flux cu mult mai mare decât al lămpilor de aceeaşi putere, dar cu vapori de mercur. Lămpile de 250 şi 400 W au un soclu mai mare (numit *goliat*) decât al celorlalte lămpi şi nu se pot monta în locul lor.

7. CORPURI DE ILUMINAT PENTRU LĂMPI FLUORESCENTE DE ÎNALTĂ PRESIUNE

Se fabrică în mai multe variante constructive, diferite prin modul de utilizare, construcţie şi posibilităţi de echipare. Se pot utiliza în iluminatul public, iluminatul exterior de incintă, în iluminatul halelor industriale de mare înălţime (peste 10 m), în iluminatul şantierelor etc. În simbolurile ce s-au adoptat pentru denumirea lor se utilizează următoarele litere:

P — corp pentru iluminatul public;
V — corp echipat cu lămpi cu descărcări în vapori de mercur;
VS — dacă este echipat cu lămpi cu descărcări în vapori de sodiu;
A — fără apărător;
B — cu apărător;
E — corpul este etanş la praf şi apă;
P (ca a doua literă) — construcţie tip pitic;
C — construcţie ciupercă;

Scanned with OKEN Scanner

T — construcţie tronconică;
T_p — corp pentru trecere pietoni;
p — corp montat pe stâlp;
s — corp suspendat pe cablu;
c — corp montat în consolă;
f — corp montat pe o fundaţie.

În simbolul acestora se află două grupe de numere: *primul*, dintr-o singură cifră, indică varianta constructivă, iar *al doilea*, din mai multe cifre, unde prima indică numărul de surse cu care se poate echipa corpul (1 sau 2) şi celelalte indică puterea fiecărei lămpi.

De exemplu, *PVA-2p-1250:* corp pentru iluminatul public, cu lămpi cu vapori de mercur, fără apărător, varianta constructivă 2, pentru montaj pe stâlp, echipat cu o lampă cu puterea de 250 W.

B MOTOARE ELECTRICE

Motoarele electrice sunt receptoare care transformă energia electrică absorbită de la reţea în energie mecanică. După felul curentului ele sunt *de curent continuu şi de curent alternativ.*

1. MOTOARE DE CURENT CONTINUU

a. Construcţie

Motoarele de curent continuu sunt construite din următoarele părţi principale: *statorul, rotorul, periile, scuturile* şi *lagărele, cutia de bornę.*

● **Statorul** produce fluxul magnetic inductor. Este format din carcasă, poli şi bobine polare.

Carcasa este confecţionată din material feromagnetic (oţel) şi are o formă cilindrică.

Polii principali (sau de *excitaţie*) se fixează de carcasă. Aceştia se confecţionează din tole din oţel cu grosimea de 1—1,5 mm. Polii principali sunt întotdeauna în număr par.

Bobinele polare sunt înfăşurări izolate cu conductoarele din cupru sau aluminiu plasate pe poli. Ele sunt legate în serie şi conectate la reţeaua de alimentare în curent continuu. Curentul ce trece prin ele se numeşte *curent de excitaţie* şi excită câmpul magnetic inductor.

Conexiunile între bobine se execută astfel încât să se realizeze o alternanţă a polarităţii la trecerea curentului.

● **Rotorul** este rotit de cuplul forţelor de interacţiune dintre câmpul magnetic inductor şi curentul electric din propriul bobinaj, permiţând astfel transformarea energiei electrice în energie mecanică. El este format din: arborele rotorului, pachetul de tole ale rotorului, bobinajul rotoric (indus), colectorul şi ventilatorul.

Arborele rotorului este executat din oţel şi are rolul de a transmite energia mecanică de rotaţie. Pe el se găsesc montate toate celelalte părţi componente ale rotorului.

Pachetele de tole al rotorului se execută din tablă de oţel, cu grosimea de 0,5 mm. Tolele sunt de forma unei coroane circulare cu crestături la exterior.

Scanned with OKEN Scanner

Tolele sunt menţinute împachetate foarte strâns pe arbore cu ajutorul unor piese speciale de strângere.

Bobinajul rotoric (indus) constă dintr-o serie de bobine din cupru sau aluminiu (izolat) şi montate în crestăturile pachetului de tole. Capetele acestor bobine sunt lipite de lamele colectorului.

Colectorul este format din lamele de cupru identice dispuse pe circumferinţa unui butuc fixat de arbore.

Între lamelele de cupru se află izolaţie de micanită.

Ventilatorul este fixat pe axul rotoric şi asigură circulaţia forţată a aerului din mediul înconjurător prin intermediul motorului. În felul acesta motorul se răceşte. Este prevăzut numai la maşinile de putere mare, pentru o mai bună utilizare a secţiunii conductoarelor.

● **Periile** freacă pe lamelele colectorului pentru a realiza legătura electrică din bobinajul rotoric şi cutia de borne a motorului. Ele sunt susţinute şi presate pe colector de *crucea portperii* din oţel sau fontă. Periile sunt executate, de regulă, din cărbune sau alte materiale cu mare rezistenţă mecanică şi foarte bune conducătoare de electricitate.

● **Scuturile şi lagărele** motorului sunt piese metalice care asigură închiderea statorului şi susţinerea arborelui rotoric, pentru a putea efectua mişcarea de rotaţie. Lagărele pot fi cu cuzineţi sau cu rulmenţi.

● **Cutia cu borne** reprezintă locul unde se execută legăturile electrice între capetele înfăşurărilor din maşină şi reţeaua de alimentare. Bornele sunt executate din cupru sau oţel, iar cutia este prevăzută cu un capac cu rol de protecţie şi izolare.

În figura 2.15 este reprezentată schema de producere a cuplului mecanic la un motor de curent continuu cu doi poli. Câmpul magnetic inductor format

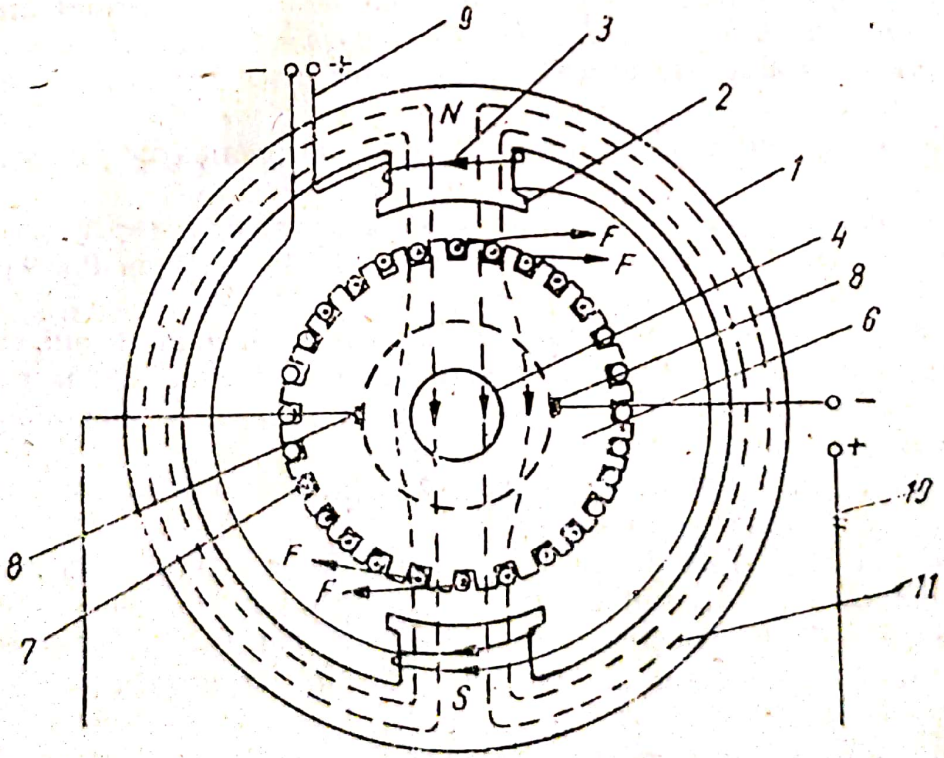


Fig. 2.15. **Schiţă simplificată pentru motorul de curent continuu:** *1* — carcasă; *2* — pol; *3* — bobinaj de excitaţie; *4* — arborele rotorului; *5* — pachetul de tole; *6* — bobinajul rotoric; *7* — colectorul; *8* — perii; *9* —circuitul de excitaţie; *10* — circuitul rotoric; *11* — liniile câmpului magnetic inductor.

Scanned with OKEN Scanner

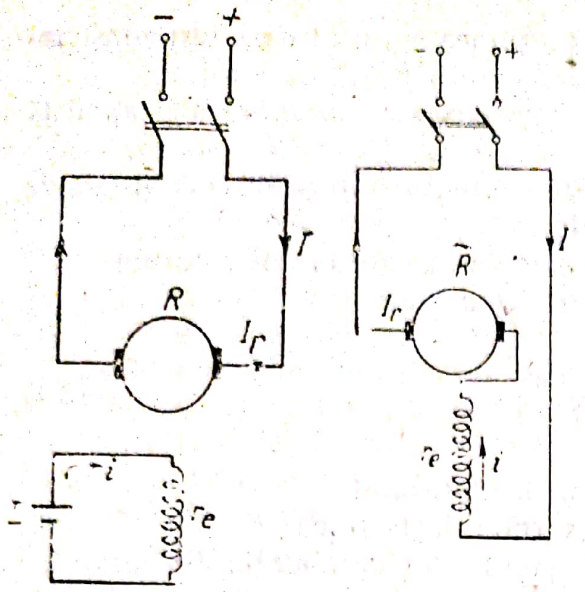


Fig. 2.16. **Schema electrică a motorului de curent continuu cu excitaţie separată.**

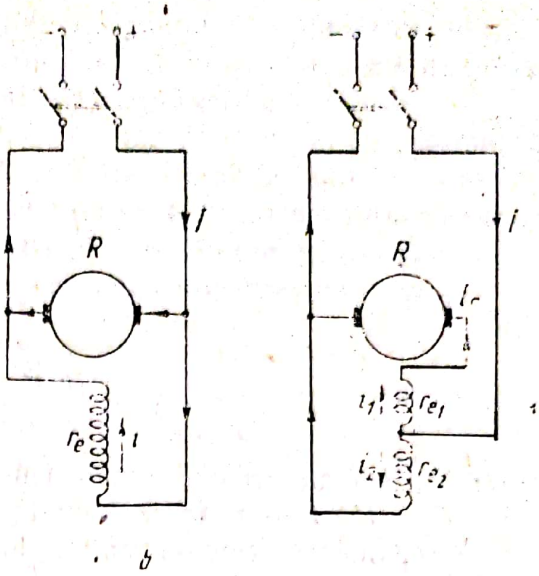


Fig. 2.17. **Scheme electrice ale motorului de curent continuu cu o singură sursă de curent:** *a* — excitaţie serie; *b* — excitaţie derivaţie; *c* — excitaţie mixtă.

de curentul de excitaţie acţionează cu forţa electromagnetică F asupra curentului rotoric. Curentul rotoric este astfel condus prin bobinajul rotoric încât forţele electromagnetice formează cupluri de rotaţie de acelaşi sens.

Cuplul total reprezintă suma acestora şi duce la mişcarea de rotaţie dorită.

În figura 2.15 circuitul de excitaţie şi circuitul rotoric sunt independente, fiecare fiind alimentat de la altă sursă de curent continuu. Motorul de curent continuu astfel executat se mai numeşte şi *motor cu excitaţie separată*. Schema electrică a acestuia este dată în figura 2.16. În practică, cele două surse de curent se reduc la una care alimentează atât circuitul rotoric, cât şi pe cel de excitaţie. În acest caz se deosebesc trei moduri de legare a înfăşurării de excitaţie (fig. 2.17): *în serie* cu circuitul rotoric, *în derivaţie* şi *mixt*.

Astfel de motoare se numesc: *cu excitaţie serie, cu excitaţie derivaţie* şi, respectiv, *cu excitaţie mixtă*.

În cazul motorului cu excitaţie mixtă o parte din înfăşurarea de excitaţie (r_{e1}) este legată în serie cu circuitul rotoric şi restul înfăşurării (r_{e2}) în paralel cu acesta.

b. Mărimi nominale

Motoarele de curent continuu, ca şi toate receptoarele sunt dimensionate pentru un anumit regim de funcţionare. Acesta se numeşte *regimul nominal* (sau *serviciul nominal*) şi în cadrul lui motorul poate funcţiona permanent fără ca părţile sale componente să se încălzească peste limita admisibilă.

Mărimile nominale pentru un motor de curent continuu sunt în general următoarele:

— *puterea nominală* (P_n, în *W, kW*) reprezintă puterea mecanică utilă la arborele motorului;

Scanned with OKEN Scanner

— *tensiunea nominală* (U, în V) este tensiunea pentru care a fost construit motorul. Ea corespunde uneia dintre valorile normalizate de tensiuni;

— *tensiunea de excitaţie* (U_e, în V), este tensiunea necesară a fi aplicată excitaţiei;

— *curentul nominal* (I, în A) este curentul absorbit de la reţea corespunzător puterii şi tensiunii nominale;

— *turaţia nominală* (n_n, în rot/min) este turaţia arborelui rotorului;

— *randamentul motorului* (η) reprezintă raportul:

$$\eta = \frac{P_n}{P_a} = \frac{P_n}{U \cdot I}, \qquad (2.1)$$

unde: P_n este puterea nominală (mecanică) a motorului;

$P_a = U \cdot I$ — puterea (electrică) absorbită de la reţea.

Randamentul este subunitar datorită pierderilor de energie din maşină.

Aceste pierderi sunt de natură electromagnetică şi mecanică.

Pierderile electromagnetice sunt:

— *pierderi în cupru*, care reprezintă pierderile din bobinajele de excitaţie (p_{cu1}) şi al indusului (p_{cu2});

— *pierderi în fier*, care reprezintă pierderile ce se produc în pachetul de tole al rotorului (p_{Fe}).

Pierderile mecanice (p_m) se datoresc forţelor de frecare din lagăre.

Toate mărimile sunt indicate pe plăcuţa motorului.

c. Pornirea motoarelor de curent continuu

Motoarele de curent continuu nu pornesc prin legare directă la reţea aşa cum se arată în schemele din figurile 2.16 şi 2.17, deoarece curentul de pornire ar fi de aproximativ 20—50 de ori mai mare decât curentul nominal. Pentru a se micşora acest curent până la de 2—2,5 ori curentul nominal se utilizează un *reostat de pornire*. Acesta se introduce în circuitul principal al motorului. Pe măsură ce turaţia motorului creşte, curentul absorbit de la reţea scade. Reostatul este scos treptat din circuit şi ajunge să fie scurtcircuitat când se atinge turaţia nominală a motorului.

d. Reglarea turaţiei motorului de curent continuu

Turaţia motorului de curent continuu se poate regla fie prin variaţia tensiunii, fie prin variaţia curentului de excitaţie. Curentul de excitaţie se poate varia utilizându-se un reostat. Se pot realiza variaţii ale turaţiei faţă de turaţia nominală în raportul 1/3.

e. Schimbarea sensului de rotaţie

Se realizează prin inversarea legăturilor fie la stator (la excitaţie), fie la rotor. Dacă se inversează legăturile în ambele locuri nu se obţine schimbarea sensului de rotaţie.

Scanned with OKEN Scanner

Acestea transformă energia electrică de curent alternativ în energie mecanică de rotaţie. Motoarele de curent alternativ de putere sunt, de regulă, trifazate. Se execută şi motoare de curent alternativ monofazate pentru puteri mici, care sunt folosite în special la aparatele electrocasnice (aspiratoare, maşini de spălat, maşini de găurit etc.).

Motoarele de curent alternativ trifazate se execută, din punctul de vedere al puterii nominale, într-o gamă largă, de la 60 W la 132 kW.

În cazul acestor motoare este valorificat efectul curentului electric alternativ ce trece printr-o bobină. În cazul în care printr-o bobină trece un curent continuu, aceasta se transformă într-un electromagnet, datorită efectului magnetic al curentului electric. Polii acestui electromagnet (N—S) au aceeaşi poziţie în timp dacă sensul curentului rămâne acelaşi. În cazul în care aceeaşi bobină este parcursă de curent alternativ, al cărui sens se schimbă de 100 de ori într-o secundă şi polii N—S îşi vor schimba poziţia între ei de acelaşi număr de ori. Această modificare poate fi realizată cu un electromagnet permanent dacă este rotit cu o turaţie de 3 000 rot/min.

Motoarele de curent alternativ trifazate au trei astfel de bobinaje montate simetric pe circumferinţa maşinii. Ele sunt parcurse de curenţi egali în valoare absolută dar defazaţi între ei cu 120°:

$$\begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2} I \cos \omega t; \\ i_2 &= \sqrt{2} I \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \\ i_2 &= \sqrt{2} I \cos \left(\omega t - 2 \cdot \frac{2\pi}{3} \right); \end{aligned} \qquad (2.2)$$

aceşti curenţi vor produce un câmp magnetic a cărui axă se roteşte în sensul succesiunii fazelor cu turaţia:

$$n_0 = \frac{60f}{p}, \qquad (2.3)$$

unde f este frecvenţa tensiunii reţelei de alimentare, iar p este numărul de perechi de poli ai înfăşurării.

De aceea, câmpul magnetic creat poartă numele de *câmp magnetic învârtitor* (deşi bobinajele nu-şi modifică poziţia). Acesta este un câmp magnetic variabil şi are ca efecte inducerea unei t.e.m. şi crearea unui curent electric într-un circuit închis, dacă liniile de câmp trec prin acesta şi acţionează cu o forţă (forţa electromagnetică) asupra unui curent electric ce trece prin acest câmp.

În cazul motoarelor de curent alternativ trifazate statorul (inductorul) produce câmpul magnetic învârtitor.

Câmpul magnetic al statorului are rolul:

— de a stabili un curent electric în rotor, dacă bobinajul acestuia se află în circuit închis. În acelaşi timp, câmpul magnetic acţionează asupra acestui curent cu forţa ce formează cupluri de acelaşi sens, producând rotaţia:

— de a acţiona asupra curentului continuu din rotor când acesta este datorat unei surse exterioare şi nu fenomenului de inducţie.

Scanned with OKEN Scanner

În primul caz turația motorului (n_m) este mai mică decât turația câmpului magnetic învârtitor (n_0), altfel efectul inducției ar fi anulat. Motoarele se numesc *asincrone*. În al doilea caz turațiile rotorului și câmpului magnetic învârtitor sunt egale și motoarele se numesc *sincrone*.

a. Motoare asincrone

● **Construcție.** Sunt formate din următoarele părți principale: *statorul, rotorul, scuturile* și *lagărele.*

Statorul are rolul de a produce câmpul magnetic învârtitor. Este format din carcasă, pachetul de tole și înfășurarea statorului.

Carcasa se execută din fontă sau oțel. Pentru motoarele mici aceasta este confecționată dintr-un aliaj de aluminiu. Carcasa este prevăzută fie cu fante necesare circulației aerului pentru răcirea mașinii, fie cu nervuri exterioare pentru a mări suprafața de schimb termic cu mediul înconjurător.

Pachetul de tole este de formă cilindrică, cu crestături la partea interioară, și este fixat de carcasă. Tolele se execută din tablă din oțel cu grosimea de 0,5 mm.

Înfășurarea statorului este executată din conductoare electrice din cupru sau aluminiu, izolate și montate în crestăturile pachetului de tole. Înfășurarea este trifazată. Capetele înfășurării statorului sunt scoase în exteriorul carcasei și legate la cutia de borne. Acestea sunt în număr de șase și corespund începuturilor (U_1, V_1, W_1) și sfârșiturilor (U_2, V_2, W_2) celor trei bobinaje ale înfășurării trifazate (fig. 2.18). Înfășurările statorului (sau *fazele motorului*) se pot lega în două moduri la rețeaua trifazată:

— *în stea:* bornele U_2, V_2 și W_2 sunt scurtcircuitate în cutia de borne. Rețeaua de alimentare se leagă la bornele U_1, V_1 și W_1. În felul acest pe o fază a motorului se aplică tensiunea de fază ($U_f = 220$ V) a rețelei (fig. 2.19, *a*);

— *în triunghi:* sfârșitul primei înfășurări (U_2) se leagă la începutul celei de-a doua înfășurări (V_1) etc. (fig. 2.29, *g*). În acest fel, tensiunea pe o fază a motorului este tensiunea de linie a rețelei ($U = 380$ V) (fig. 2.19, *b*). În cutia de borne (fig. 2.18, *b*), sfârșiturile înfășurărilor sunt scoase decalat, pentru a permite o scurtcircuitare simplă a bornelor: $U_1 — W_2$; $V_1 — U_2$ și $W_1 — V_2$.

Rotorul (sau indusul mașinii), în care se stabilește prin inducție curent electric, este rotit, așa cum s-a arătat, datorită interacțiunii dintre câmpul magnetic învârtitor și acest curent.

Motoarele asincrone se execută, din punctul de vedere al rotorului, în două variante constructive: *cu rotorul în scurtcircuit (motoare cu colivie)* și *cu rotorul bobinat și cu inele colectoare (motoare cu inele).*

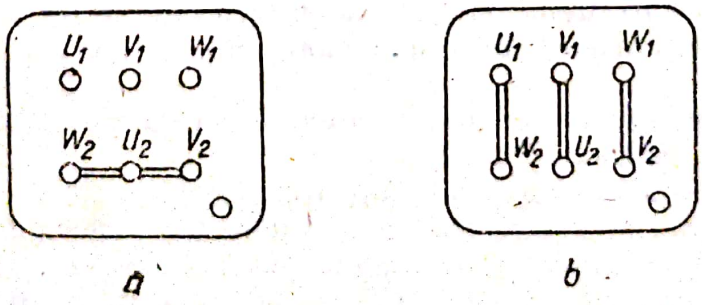


Fig. 2.18. **Cutia de borne pentru un motor:**
a – conexiunea în stea; b – conexiunea în triunghi.

Scanned with OKEN Scanner

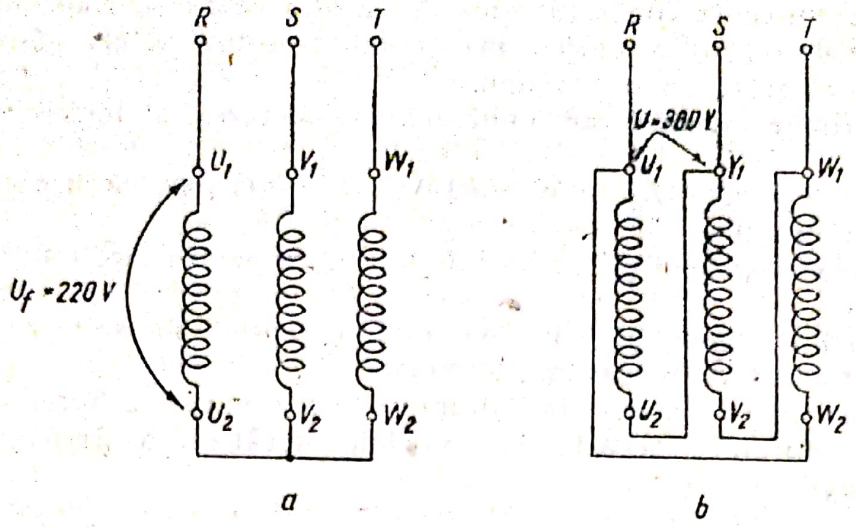


Fig. 2.19. **Legarea fazelor unui motor la reţea:**
a — conexiune în stea; b — conexiune în triunghi.

Rotorul în scurtcircuit cuprinde arborele rotorului, pachetul de tole şi înfăşurarea în scurtcircuit:

— *arborele* este executat din oţel şi are rolul de a transmite la un capăt energia mecanică de rotaţie. Pe el se găsesc montate celelalte părţi componente ale rotorului;

— *pachetul de tole* este de formă cilindrică, cu crestăturile la partea exterioară. Tolele se execută din tablă de oţel cu grosimea de 0,5 mm;

— *înfăşurarea în scurtcircuit* este montată pe pachetul de tole în crestăturile acestuia şi se execută din bare de cupru sau aluminiu.

Capetele barelor sunt scurtcircuitate prin intermediul a două inele, ansamblul înfăşurării având aspectul unei colivii (fig. 2.20).

Motorul se numeşte *motor cu colivie.*

Rotorul bobinat şi cu inele colectoare cuprinde arborele, pachetul de tole (cu crestături la exterior), înfăşurarea rotorului şi inele colectoare (arborele şi pachetul de tole au rolurile cunoscute, existând numai mici diferenţe constructive faţă de rotorul în colivie):

— *înfăşurarea rotorului* este numai trifazată, în conexiune stea. Capetele libere ale înfăşurărilor se leagă la inelele colectoare în număr de trei. Înfăşurarea se execută din conducte de bobinaj din cupru sau aluminiu şi se montează în crestăturile pachetului de tole;

— *inelele colectoare* sunt executate din bronz sau alamă, sunt izolate între ele şi fixate pe arborele rotorului prin intermediul unui butuc izolat. Pe inelele colectoare presează periile din grafit;

— *periile* (numai pentru motoarele cu inele colectoare) au rolul de a face legătura între fazele rotorului şi cutia de borne a rotorului. Ele presează pe inelele colectoare printr-un sistem de portperii;

— *cutia de borne a rotorului* (numai pentru motoarele cu inele colectoare) este separată de cutia de borne a statorului. Rotorul cu inele are trei borne corespunzătoare celor trei

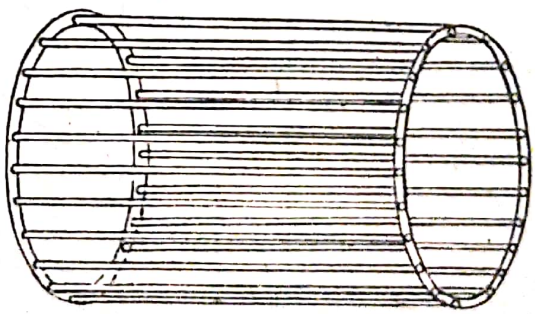


Fig. 2.20. **Înfăşurarea rotorică în colivie simplă.**

înfăşurări rotorice în conexiune stea. La aceste borne se leagă reostatul de pornire sau de reglare a turaţiei. Pe arborele rotorului se mai găseşte montat un ventilator pentru răcirea maşinii.

• **Mărimile nominale ale unui motor asincron** sunt înscrise pe plăcuţa lui.

Puterea nominală (P_n, în W sau kW) reprezintă puterea mecanică utilă la arborele motorului.

Tensiunea nominală (U, în V) este tensiunea pentru care a fost construită maşina.

Curentul nominal (I_n, în A) este curentul absorbit de la reţea, corespunzător puterii şi tensiunii nominale.

Turaţia nominală, (n, în rot/min.) este turaţia arborelui rotorului (arborele motorului). Aceasta este mai mică decât cea a câmpului magnetic învârtitor n_0).

Observaţie. Raportul subunitar:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 1 - \frac{n}{n_0}, \tag{2.4}$$

unde n este turaţia rotorului; se numeşte *alunecare*. Ea depinde, între altele, de rezistenţa rotorului şi de cuplul electromagnetic.

Din relaţiile (2.3) şi (2.4) rezultă:

$$n = (1-s)n_0 = (1-s)\frac{60f}{p}. \tag{2.5}$$

Se observă că atunci când motorul porneşte, deci $n = 0$, alunecarea $s = 1$, iar când s-ar ajunge la $n = n_0$, $s = 0$. Între alunecarea s şi cuplul mecanic util la arbore există o legătură, arătată grafic în figura 2.21. Aceasta se numeşte *caracteristica mecanică* a motorului asincron $M = f(s)$. Când $s = 1$ (la pornire), cuplul maşinii are valoarea M_p — numită *cuplul de pornire*. Cuplul motorului este maxim M_k pentru o valoare critică a alunecării, s_k. Regimurile de funcţionare normale ale motorului asincron sunt pentru valori ale alunecării foarte mici, punctul de funcţionare aflându-se pe porţiunea AB a graficului $M = f(s)$ din figura 2.21. Poziţia punctelor de funcţionare depinde de momentul rezistent, adică momentul mecanic solicitat de maşina pe care motorul o antrenează (pompă, ventilator etc.) Momentul nominal corespunde la aproximativ jumătate din momentul maxim (punctul A).

Factorul de putere ($\cos\varphi$) reprezintă valoarea consinusului unghiului de defazaj dintre tensiunea reţelei şi curentul prin statorul motorului. Pe plăcuţa

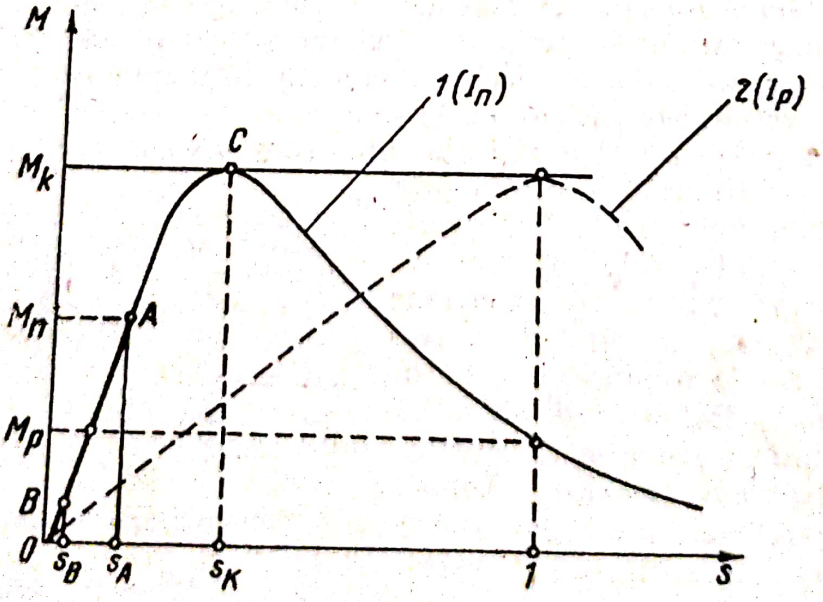


Fig. 2.21. **Caracteristica mecanică a motorului asincron** $M = f(s)$.

Scanned with OKEN Scanner

motorului este indicată valoarea factorului de putere în regim nominal. În alt regim factorul de putere se modifică.

Randamentul (η) reprezintă raportul dat de relaţia (2.1). Pe plăcuţa motorului este dat randamentul pentru regimul nominal al acestuia. Dacă motorul se supraîncarcă randamentul creşte, iar dacă motorul este subîncărcat randamentul scade. *Supraîncărcarea* apare atunci când momentul rezistent — cerut la arborele motorului — este mai mare decât momentul nominal. *Subîncărcarea* corespunde situaţiei inverse.

Curentul de pornire (I_p) este curentul absorbit de la reţea pentru pornirea motorului în regim nominal. Se dă prin indicarea raportului:

$$K_p = \frac{I_p}{I_n}. \qquad (2.6)$$

În cazul motoarelor asincrone acest raport are valori: $K_p = 4{,}0 - 7{,}5$ pentru puteri între 60 W şi 132 kW. Motoarele mici (până la 11 kW) au raportul $K_p = 4...7$, iar motoarele de la 11kW la 132 kW au raportul $K_p = 5{,}5–7{,}5$ acesta depinzând şi de turaţia motorului.

● **Pornirea motoarelor asincrone.** În cazul motoarelor mici, cu puteri până la 11 kW, la care I_n este mic, curentul de pornire este suportat relativ uşor de reţea şi motor. Aceste motoare se pornesc prin legare directă la reţea, fazele *R, S, T* ale reţelei legându-se la bornele U_1, V_1, W_1 ale motorului din cutia de borne a acestuia. Schema electrică pentru o astfel de legare este arătată în figura 2.22.

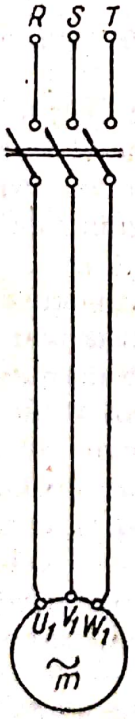


Fig. 2.22. **Legarea directă la reţea a unui motor asincron trifazat.**

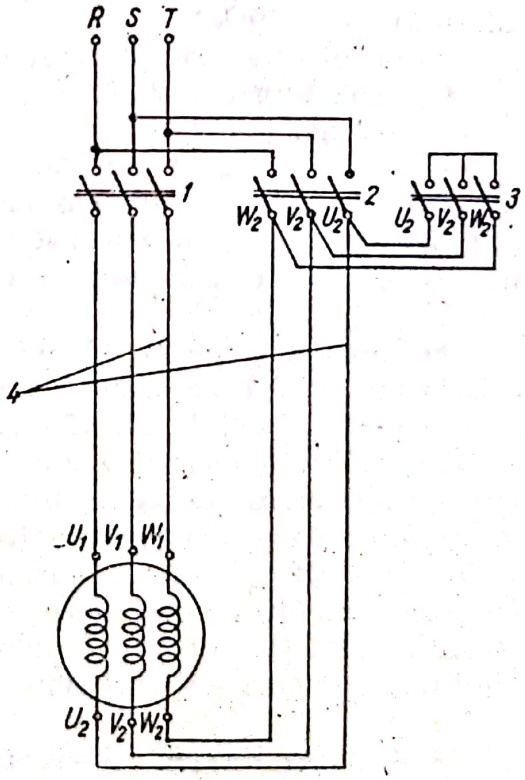


Fig. 2.23. **Schema de legare la reţea pentru pornirea în stea-triunghi.**
1 — întreruptor linie; *2* — întreruptor triunghi; *3* — întreruptor stea; *4*— conducte electrice.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru motoarele peste 11 kW (şi chiar mai mici atrunci când se doreşte în mod special) este necesar a se porni motorul luându-se măsuri de limitare a curentului de pornire. Metodele cele mai utilizate sunt:

— *pornirea în stea-triunghi;*

— *pornirea cu reostat* legat la înfăşurările rotorului, numai pentru motoarele cu inele colectoare.

Pornirea în stea-triunghi este cel mai des utilizată dintre metodele de mai sus şi are drept scop reducerea curentului de pornire prin micşorarea tensiunii de alimentare pe faza statorului de la 380 V la 220 V. Deoarece şi cuplul de pornire al motorului scade, pentru ca pornirea să aibă loc este necesar ca acesta să rămână totuşi mai mare decât cuplul rezistent.

Pentru pornirea în stea-triunghi legăturile electrice se fac ca în figura 2.23. Prin intermediul unor conducte electrice (*4*), bornele motorului se aduc la un grup de trei întreruptoare unde înfăşurările statorice se conectează întâi în stea şi, după un timp în care pornirea s-a terminat, se conectează în triunghi, funcţionând în acest fel în continuare. Prin întreruptorul *3* bornele U_2, V_2, W_2, se scurticircuitează asigurând conexiunea în stea a motorului, iar întreruptorul *2* asigură următoarele legături electrice: W_2 cu U_1, V_2 cu W_1, şi U_2 cu V_1 făcând conexiunea în triunghi a motorului. La pornire cele trei întreruptoare se acţionează în ordinea următoare:

— se închide *3* şi se asigură legătura în stea;

— se închide *1* şi motorul porneşte legat în stea cu tensiunea pe faza înfăşurării de 220 V;

— în tot acest timp întreruptorul *2* stă deschis;

— după terminarea pornirii se deschide *3* şi rotorul continuă rotaţia datorită inerţiei:

— se închide *2* şi motorul se leagă în triunghi, pe fiecare înfăşurare statorică aplicându-se acum tensiunea de 380 V. Aceste manevre se pot executa manual sau automat, utilizându-se un sistem de comandă adecvat. Prin pornirea stea-triunghi curentul de pornire absorbit de la reţea se reduce de trei ori.

Pornirea cu reostat se aplică numai motoarelor asincrone cu inele colectoare. Schema de legare a motorului la reţea şi a reostatului la bornele rotorului este dată în figura 2.24. La punerea motorului sub tensiune reostatul are cursorul pe bornele 0. Astfel, întreaga rezistenţă a reostatului se află în serie cu înfăşurarea rotorului. În acest fel se diminuează curentul de pornire în condiţiile unui cuplu ridicat. Reostatul trebuie să fie dimensionat pentru motorul respectiv, în caz contrar cuplul de pornire scade şi motorul poate să nu pornească (dacă nu se depăşeşte cuplul rezistent). Pe măsură ce turaţia rotorului creşte cursorul se deplasează către bornele *1*, când scoate complet din circuit reostatul şi scurtcircuitează inelele colectoare ale înfăşurării rotorice.

• **Reglarea turaţiei motoarelor asincrone.** Din relaţia (2.5) rezultă că turaţia depinde de frecvenţă (f), de numărul de perechi de poli (p) şi de alunecare (s). Alunecarea (s) depinde de cuplul cerut de utilajul antrenat. Dacă acest cuplu este variabil în timpul funcţionării, şi cuplul motorului se va modifica pentru a se păstra egalitatea. În felul acesta punctul de funcţionare al motorului pe caracteristica mecanică (fig. 2.21) va fi diferit în timp.

Scanned with OKEN Scanner

Deci alunecarea motorului şi turaţia sa sunt variabile în timp, în condiţiile în care cuplul rezistent nu este constant. Rezultă că motoarele asincrone îşi autoreglează turaţia în funcţie de cuplul rezistent, cerut de utilajul antrenat. De aceea, de regulă, nu este necesară o reglare a turaţiei motorului. Dacă totuşi este necesară o modificare importantă a turaţiei se poate acţiona asupra frecvenţei, numărului de poli şi chiar a alunecării, dar numai în cazul motoarelor cu inele colectoare.

Reglarea turaţiei prin variaţia frecvenţei se face utilizându-se generatoare speciale cu frecvenţa variabilă. Permit o reglare continuă a turaţiei, dar metoda este scumpă şi se adoptă numai în cazuri deosebite. Ea se aplică numai motoarelor în scurtcircuit.

Reglarea turaţiei prin schimbarea numărului de poli se face utilizându-se comutatoarele speciale la care sunt legate prize din înfăşurarea statorului. Aceasta este special realizată pentru a se putea modifica conexiunile interioare. Se utilizează numai la motoarele cu rotorul în colivie. Se pot obţine mai multe trepte de turaţie.

Reglarea turaţiei prin variaţia alunecării se poate aplica numai la motoarele cu inele colectoare. Se realizează prin legarea în serie cu înfăşurările rotorului a unei rezistenţe, care poate fi cea a reostatului de pornire (v. fig. 2.24). După pornire cursorul se află pe poziţia *1* şi motorul are turaţia nominală. Pentru a micşora turaţia se coboară cursorul spre poziţia *0*. Deoarece această reglare are loc cu pierderi de putere (datorită rezistenţelor suplimentare), randamentul motorului scade. Metoda este folosită cu destulă eficienţă pentru scăderi de turaţie cu 10—15% din turaţia nominală. Se admit scăderi şi mai mari de turaţie, dar numai în situaţiile în care acestea sunt de scurtă durată.

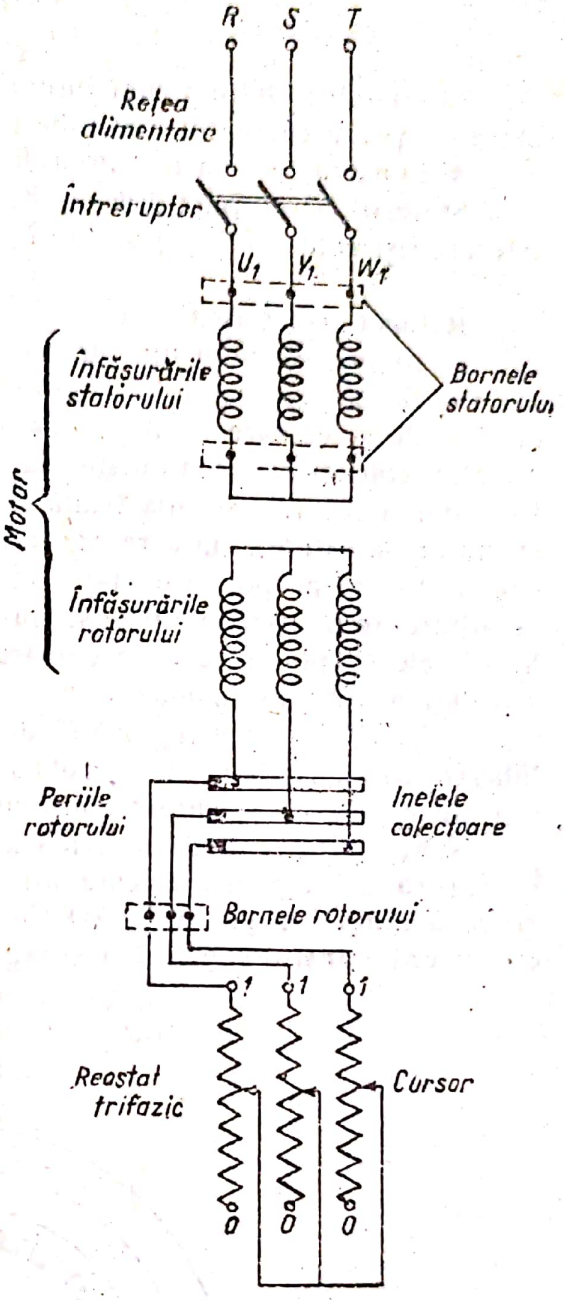


Fig. 2.24. **Schema de legare la reţea a unui motor asincron cu inele colectoare cu reostat de pornire.**

• **Schimbarea sensului de rotaţie** se realizează prin schimbarea legăturilor între două faze. În loc de a se realiza conexiunea normală (faza R — borna U_1; S — V_1 şi T — W_1) se va realiza de exemplu conexiunea R — V_1, S — U_1 şi T —W_1.

Scanned with OKEN Scanner

Motoarele sincrone sunt motoarele care au viteza de rotaţie a rotorului egală cu viteza câmpului magnetic învârtitor.

● **Construcţie.** Au următoarele părţi principale:

Statorul este format din: carcasă, pachetul de tole şi înfăşurarea statorică. Are aceeaşi construcţie cu a statorului motorului asincron.

Rotorul este format din:

— *arbore,* executat din oţel cu rolul cunoscut de la motorul asincron;

— *înfăşurarea rotorului,* numită şi *înfăşurare de excitaţie,* este legată la două inele colectoare, fixate pe rotor printr-un butuc izolat. Prin intermediul inelelor colectoare se alimentează cu curent continuu înfăşurarea rotorică. Înfăşurarea rotorică se află fixată fie pe un pachet de tole sau oţel masiv cu crestături la exterior, în care caz motorul se numeşte cu *rotorul cu poli înecaţi* (fig. 2.25), fie pe poli executaţi din tole sau oţel masiv şi fixaţi pe un butuc de arbore, în care caz motorul se numeşte cu *rotorul cu poli aparenţi* (fig. 2.26). Motoarele cu poli înecaţi se construiesc pentru turaţii mari, iar cele cu poli aparenţi pentru turaţii mici;

— *periile şi sistemul portperii* au rolul de a asigura legătura electrică între înfăşurarea de excitaţie (a rotorului) şi sursa de curent continuu. Această sursă este un generator de curent continuu şi se numeşte *excitatoare.*

Schema de legare electrică a unui motor sincron trifazat este dată în figura 2.27. Statorul este alimentat cu curent alternativ trifazat, ce crează câmpul magnetic învârtitor. Înfăşurarea din rotor este alimentată cu curent continuu de la o sursă separată *(excitatoare).* Interacţiunea

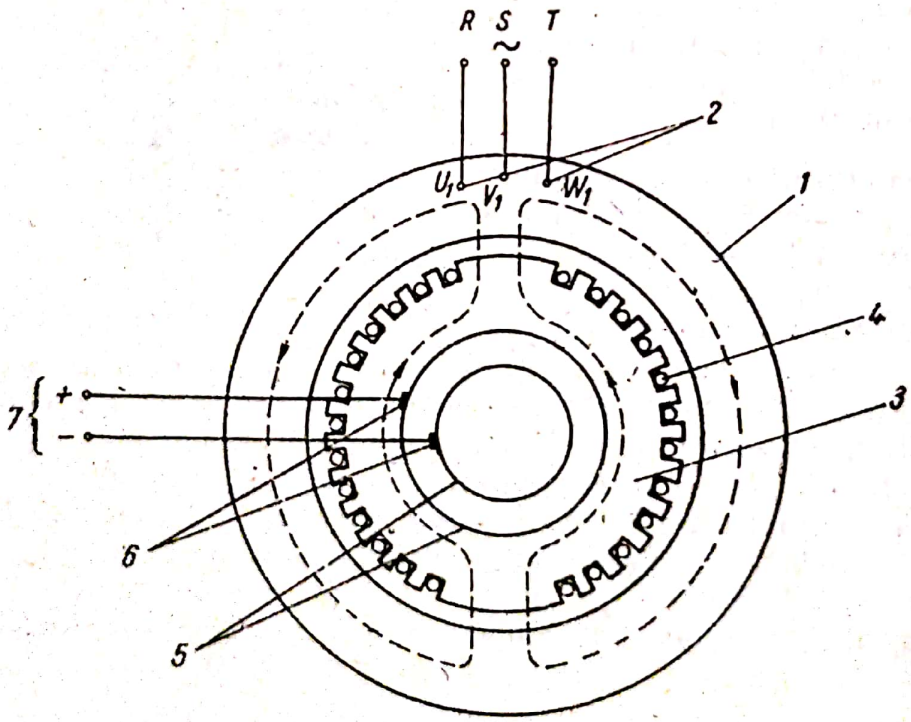


Fig. 2.25. **Schiţa motorului sincron cu rotorul cu poli înecaţi.**
1 — statorul; *2* — bornele înfăşurării statorice; *3* — rotorul cu poli înecaţi; *4* — înfăşurarea rotorului; *5* — inele colectoare; *6* — periile; *7* — sursa de curent pentru înfăşurarea rotorului.

Scanned with OKEN Scanner

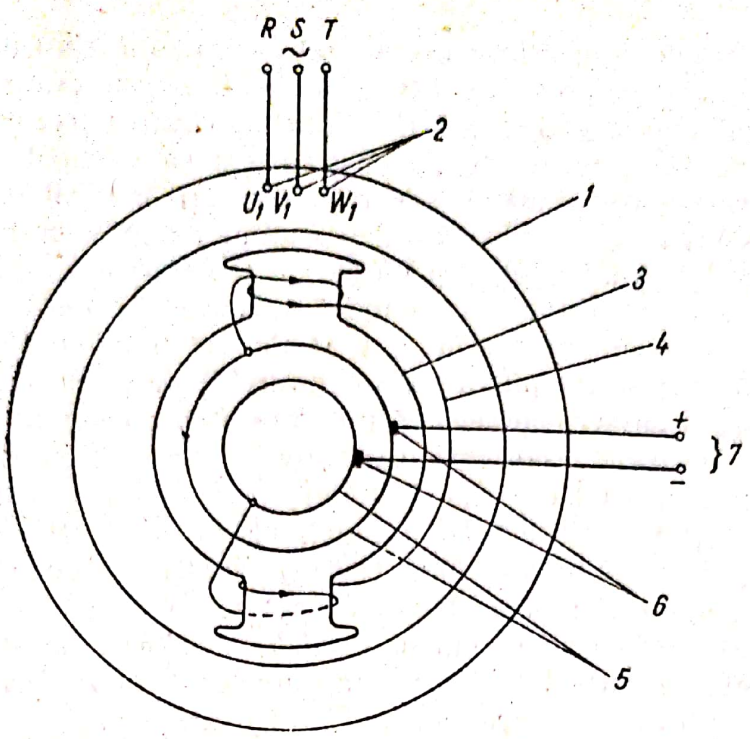


Fig. 2.26. **Schiţa motorului sincron cu rotorul cu poli aparenţi:** *1* — statorul; *2* — bornele înfăşurării statorice; *3* — rotorul cu poli aparenţi; *4* — înfăşurarea rotorului; *5* — inelele colectoare; *6* — periile; *7* — sursa de curent pentru înfăşurarea rotorului.

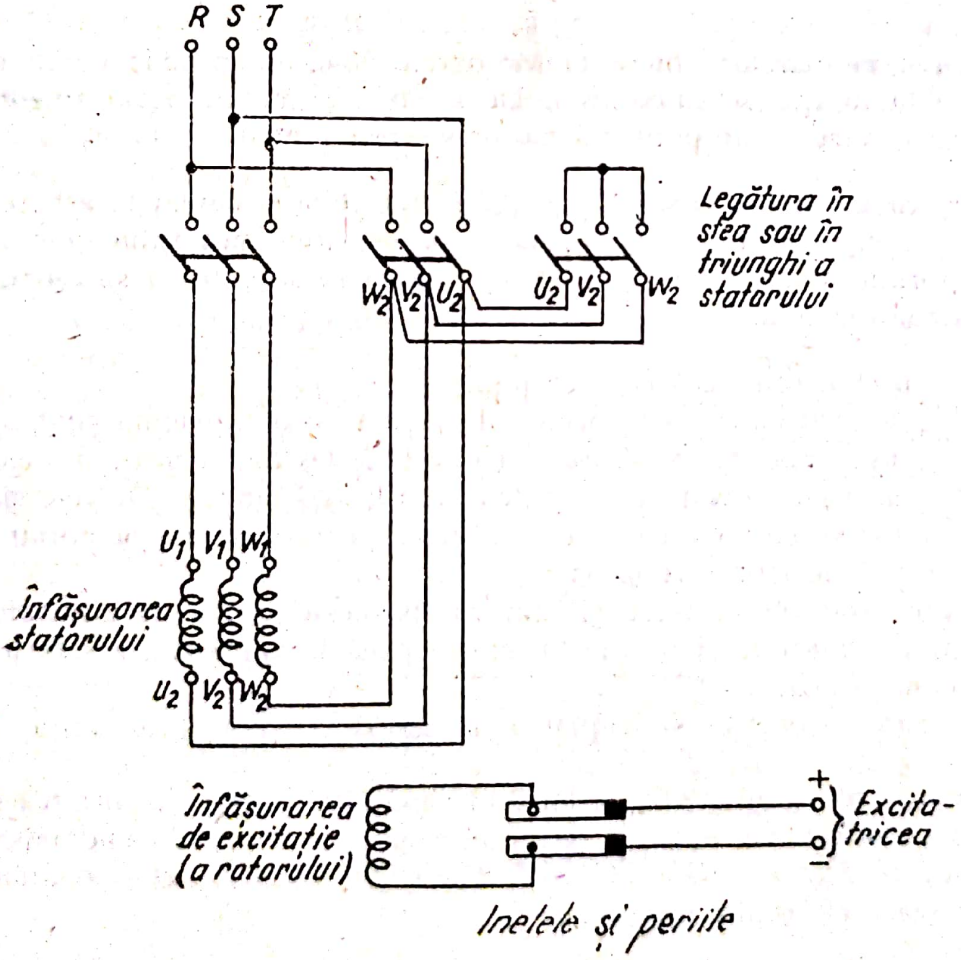


Fig. 2.27. **Schema de legare la reţea a unui motor sincron trifazat.**

Scanned with OKEN Scanner

dintre câmpul magnetic învârtitor şi curentul electric din rotor duce la apariţia unor cupluri de forţe ce provoacă rotaţia rotorului. Acesta este rotit cu aceeaşi turaţie cu a câmpului magnetic învârtitor, deci alunecarea este s = 0. Din acest motiv motoarele sincrone au turaţia constantă şi ea nu poate fi modificată. Motoarele sincrone se execută în general de puteri mari şi foarte mari: 100 kW — 1 600 kW cu utilizare în antrenarea utilajelor grele ce necesită turaţie constantă (cuptoare rotative etc.) şi nu au variaţii mari ale cuplului rezistent.

Se execută de asemenea şi motoare sincrone de mică putere pentru antrenarea mecanismelor de ceasuri etc. Motoarele sincrone au o construcţie mai complicată şi dezavantajul că turaţia rotorului nu poate fi reglată. Au în schimb un mare avantaj şi anume că pot funcţiona cu curent (în stator) cu factor de putere cos $\varphi = 1$ sau chiar capacitiv. În acest fel ele sunt receptoare ce permit îmbunătăţirea factorului de putere al reţelelor de curent alternativ din care sunt alimentate*. Pentru a funcţiona în acest fel este necesar ca motoarele sincrone să fie *supraexcitate*. Dacă i_e, este curentul de excitaţie pentru o funcţionare a motorului cu un factor de putere cos $\varphi = 1$, atunci:

— o funcţionare cu un curent de excitaţie mai mare decât i_e conduce la un factor de putere capacitiv (curentul din stator este defazat înaintea tensiunii reţelei de alimentare) şi motorul funcţionează *supraexcitat;*

— o funcţionare cu un curent de excitaţie mai mic decât i_e conduce la un factor de putere inductiv (curentul din stator este defazat în urma tensiunii reţelei de alimentare, la fel ca la motoarele asincrone) şi motorul funcţionează *subexcitat.*

• **Pornirea motoarelor sincrone.** Motoarele sincrone produc cuplu de rotaţie numai la turaţia de sincronism. De aceea ele nu pot porni singure. Metodele prin care se poate porni un motor sincron sunt:

Pornirea cu un motor auxiliar, cu turaţie reglabilă şi cuplat la arborele motorului sincron. Acesta poate fi chiar excitatoarea motorului sincron. Pornirea motorului sincron este bine să se facă în gol, pentru a se elimina puterea motorului auxiliar.

Pornirea în asincron, ceea ce presupune:

— legarea în scurtcircuit a rotorului, de regulă pe o rezistenţă pentru a limita t.e.m. indusă. Înfăşurarea rotorului nu se lasă deschisă pentru că t.e.m. indusă capătă valori foarte mari, ce ar putea duce la străpungere. De cele mai multe ori în rotor se montează o colivie specială, cu rol numai la pornirea motorului în regim de motor asincron;

— se leagă statorul la reţea şi motorul porneşte la fel ca un motor asincron. Motorul porneşte şi turaţia lui creşte până la aproximativ 95% din turaţia câmpului învârtitor n_0;

— se excită rotorul prin cuplarea excitatoarei şi rotorul intră în sincronism.

Dacă turaţia rotorului scade, se întrerupe excitaţia şi se reia pornirea în asincron, urmată de o nouă cuplare a excitaţiei până când se intră în sincronism. De regulă, aceste manevre nu se execută manual, ci automat, ele asigurând pornirea corectă a motorului sincron.

---

* Vezi capitolul 7.

Scanned with OKEN Scanner

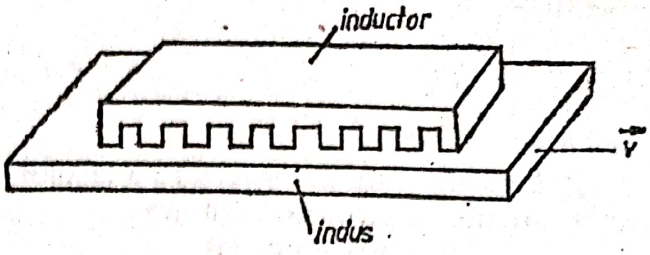


Fig. 2.28. **Principiul constructiv al maşinii liniare de inducţie.**

• **Maşina liniară de inducţie.** Mişcarea liniară (de translaţie) este necesară în multe aplicaţii tehnice, cum ar fi la vehiculele de transport (persoane sau materiale), la acţionarea uşilor glisante, grinzi rulante şi multe altele. Mişcarea de translaţie, de cele mai multe ori, se obţine de la maşini rotative, prin utilizarea unor sisteme de angrenaje. Se poate obţine o mişcare de translaţie folosind *maşina liniară.* Principiul de funcţionare este acelaşi cu cel al maşinilor rotative de inducţie.

În figura 2.28 este prezentat principiul constructiv al acestei maşini. Ea constă dintr-un *inductor* format dintr-un miez feromagnetic paralelipipedic, prevăzut cu crestături pe una din părţi. În aceste crestături se plasează înfăşurările pe unul sau mai multe straturi şi parcurse de curent alternativ trifazat (de regulă). Astfel se determină un câmp electromagnetic alunecător. *Indusul* este format dintr-o placă de aluminiu, placată sau nu cu o alta, masivă, feormagnetică. Această placă se află în faţa crestăturilor inductorului. În placă se închide câmpul magnetic alunecător al acestuia şi, totodată, se induc tensiuni electromagnetice ce nasc curenţi de inducţie. Asupra acestor curenţi câmpul magnetic alunecător al inductorului exercită forţe ce au ca efect apariţia unei forţe de propulsie, care acţionează asupra părţii mobile.

Din punct de vedere principial nu contează care este partea fixă a maşinii — inductorul sau indusul. Constructiv, partea fixă se montează de-a lungul căii de deplasare a maşinii liniare.

• **Micromotorul liniar pas cu pas.** *Inductorul* (fig. 2.29) este format din poli cu bobine concentrate, care constituie fazele motorului. Talpa polilor are o structură feromagnetică dinţată. *Indusul* are, de asemenea, o structură feromagnetică dinţată, cu acelaşi pas ca şi inductorul. Bobinele inductorului sunt conectate succesiv la o sursă de tensiune continuă. În acest fel, indusul se deplasează spre cea mai apropiată poziţie de energie magnetică minimă.

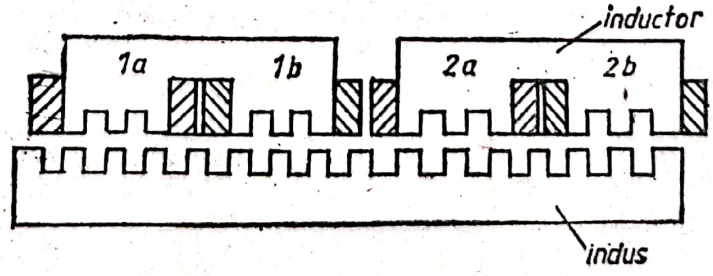


Fig. 2.29. **Principiul constructiv al micromotorului pas cu pas.**

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, motorul face „paşi" a căror lungime este jumătate din pasul de dinţare, cu viteza:

$$v = f\tau_p, \tag{2.7}$$

unde:

f este frecvenţa de conectare a fazelor, conectarea realizându-se cu ajutorul unor circuite electronice complexe;

τ_p — lungimea unui pas.

Astfel de motoare au aplicaţii în diverse domenii de activitate, cum ar fi:

— la capetele de citire a benzilor calculatoarelor, numărul de paşi putând fi comandat cu uşurinţă;

— la maşinile de cusut moderne, unde motorul poate executa un traseu programat cu ajutorul unui calculator etc.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 3

APARATE ŞI TABLOURI ELECTRICE

A. APARATE ELECTRICE

Aparatele electrice sunt mecanisme (sisteme electromecanice) parcurse de curent care au rolul de a măsura, regla, modifica şi semnaliza parametrii acestuia.

După rolul pe care îl îndeplinesc în instalaţia electrică se deosebesc:

— *aparate de măsurat mărimi electrice* fie prin citire directă, fie prin înregistrare (ampermetre, voltmetre, wattmetre, contoare de energie activă, contoare de energie reactivă, cosfimetre, frecvenţmetre etc.);

— *aparate de protecţie,* care sesizează modificările parametrilor electrici şi în cazul în care acestea depăşesc valorile periculoase pentru instalaţie acţionează pentru a evita avaria, de regulă scoţând-o de sub tensiune (siguranţe fuzibile, relee electromagnetice, relee termice etc.);

— *aparate de semnalizare,* care pun în evidenţă prin semnale optice şi acustice starea de repaus, de funcţionare normală şi mai ales anormală a unor instalaţii electrice (lămpi de semnalizare, sonerii, hupe etc.);

— *aparate de conectare,* care au rolul de a închide şi deschide circuitele electrice, fie manual, fie automat (întreruptoare, comutatoare, separatoare, contactoare etc.).

1. APARATE DE MĂSURAT MĂRIMI ELECTRICE

a. Principiul de funcţionare

Aceste aparate, în cea mai mare parte, sunt executate din două părţi principale: una fixă (statorul) şi alta mobilă (rotorul). Partea mobilă se roteşte în funcţie de mărimea parametrului măsurat. Ea se află în legătură cu un ac indicator care permite citirea (pe scală) mărimii parametrului. În funcţie de natura statorului şi rotorului aceste aparate sunt: *magnetoelectrice, electromagnetice* şi *electrodinamice.*

O altă categorie de aparate de măsurat mărimi electrice se bazează pe fenomenul de inducţie (tensiuni electromotoare induse de către un câmp magnetic) asociat cu fenomenul de acţiune reciprocă a doi curenţi electrici.

b. Ampermetre

Ampermetrele sunt utilizate pentru măsurarea intensităţii curentului şi de aceea bobina lor trebuie parcursă de acest curent. Legătura electrică se face întotdeauna în serie cu receptorul al cărui curent absorbit se măsoară

Scanned with OKEN Scanner

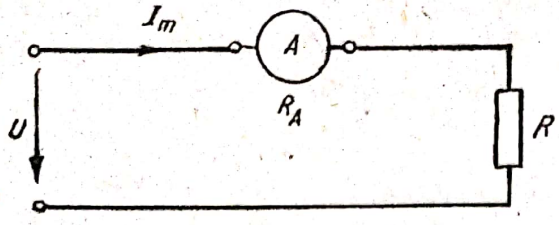


Fig. 3.1. Legarea ampermetrului în circuit.

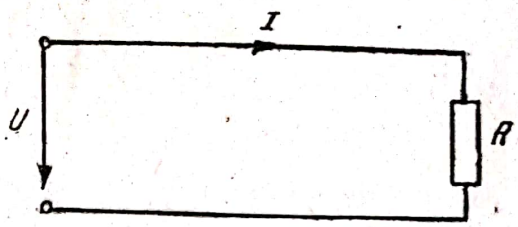


Fig. 3.2. Circuitul fără ampermetru.

(fig. 3.1). Ampermetrul, datorită rezistenţei electrice proprii R_A, modifică rezistenţa circuitului electric în care este introdus. Se modifică astfel şi curentul electric. Ampermetrul indică valoarea modificată a curentului. Eroarea cu care se măsoară curentul real se determină astfel: în montajul din figura 3.1 ampermetrul va indica valoarea curentului I_m. Curentul real absorbit de receptor (fig. 3.2) este I. Aplicându-se legea lui Ohm celor două circuite cu ampermetru şi fără ampermetru rezultă:

$$I_m = \frac{U}{R + R_A}. \tag{3.1}$$

$$I = \frac{U}{R}, \tag{3.2}$$

unde R_A şi R sunt rezistenţele ampermetrului şi receptorului, iar U este tensiunea la bornele circuitului.

Din relaţiile (3.1) şi (3.2) rezultă că eroarea de măsurare în procente este

$$\varepsilon\% = \frac{I - I_m}{I} \cdot 100 = \frac{R_A}{R + R_A} \cdot 100\,(\%). \tag{3.3}$$

Deci, pentru ca valoarea măsurată I_m să fie cât mai aproape de valoarea reală I trebuie ca rezistenţa ampermetrului să fie foarte mică în raport cu cea a receptorului. De aceea, rezistenţele bobinelor ampermetrelor sunt foarte mici. Cu toate acestea, atunci când se va măsura curentul într-un circuit este important să se cunoască rezistenţa receptorului pentru a alege un ampermetru cu rezistenţă mult mai mică.

Pentru a se mări gama de măsură a ampermetrelor se folosesc:

— în curent continuu, *şuntul;*

— în curent alternativ, *transformatorul (reductorul) de curent**.

În figura 3.3 se arată modul în care se reprezintă în schemele de instalaţii electrice montarea unor ampermetre cu reductor. În circuitul trifazat reprezentat sunt prevăzute trei ampermetre de 0—5 A cu câte un reductor fiecare de la 150 A la 5 A. Ampermetrele vor indica pe scală valorile extreme 0 şi 150 A (în loc de 0 şi 5 A).

Ampermetrele pot fi cu mecanisme magnetoelectrice, electromagnetice şi electrodinamice.

---

* Se vor revedea noţiunile învăţate la disciplina „Măsurări electrice şi electronice."

Scanned with OKEN Scanner

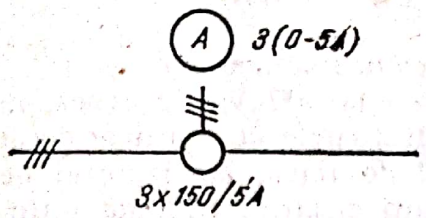


Fig. 3.3. **Reprezentarea în schemele de instalaţii electrice a ampermetrelor cu reductor.**

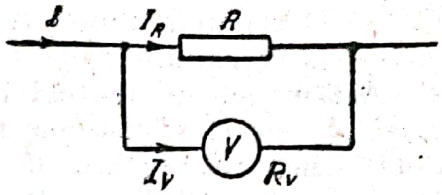


Fig. 3.4. **Legarea voltmetrului în circuit.**

c. Voltmetre

Voltmetrele sunt aparate pentru măsurarea tensiunii între două puncte şi sunt asemănătoare cu cele pentru măsurarea curentului (magnetoelectrice, electromagnetice şi electrodinamice), cu deosebire că au o altă rezistenţă internă şi sunt etalonate în funcţie de tensiunea de la borne. În acest caz rezistenţa electrică este foarte mare (mii de ohmi până la sute de mii de ohmi). Pentru a se măsura diferenţa de potenţial (tensiunea) la bornele unui receptor R (fig. 3.4), voltmetrul, de rezistenţă R_v, se leagă în paralel cu acesta. Prin introducerea voltmetrului în circuitul electric, acestuia i se modifică rezistenţa electrică.

De asemenea şi curentul absorbit de receptor se modifică, astfel încât tensiunea la bornele lui, măsurată de voltmetru, este diferită de tensiunea reală la aceleaşi borne (când nu este montat voltmetrul). Eroarea cu care se face măsurarea se determină astfel: dacă voltmetrul nu ar fi legat în paralel cu receptorul, curentul prin acesta ar fi I (fig. 3.5). Prin legarea voltmetrului curentul prin receptor este $I_R < I$, iar prin voltmetru, I_v (fig. 3.4). Aplicându-se legile lui Kirchhoff rezultă:

$$I = I_R + I_v,$$
$$I_R R - I_v R_v = 0, \tag{3.4}$$

iar tensiunea măsurată U_m şi tensiunea reală U la bornele receptorului sunt:

$$U_m = I_v R_v = I_R R,$$
$$U = IR. \tag{3.5}$$

Utilizându-se relaţiile (3.4) şi (3.5) rezultă că eroarea de măsurare în % este:

$$\varepsilon\% = \frac{U - U_m}{U} \cdot 100 = \frac{R}{R + R_v} \cdot 100\,(\%). \tag{3.6}$$

Deci, cu cât rezistenţa voltmetrului este mai mare faţă de R, cu atât aparatul va indica mai corect. De aceea este important ca la măsurarea unei tensiuni la bornele unui receptor să se cunoască rezistenţa acestuia pentru a alege un voltmetru cu rezistenţa electrică mult mai mare.

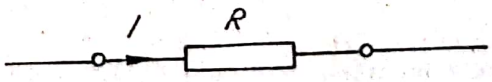


Fig. 3.5. **Circuitul fără voltmetru.**

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a mări gama de măsură a voltmetrelor se folosesc:

— în curent continuu, *rezistenţa adiţională;*

— în curent alternativ, *transformatorul (reductorul) de tensiune.*

Voltmetrele se execută în mod obişnuit până la 400 V. De aceea, în instalaţiile de joasă tensiune nu se vor folosi reductoarele de tensiune decât atunci când este necesar să se izoleze aparatul de reţea, iar raportul de transformare va fi $K = 1$. În schemele de instalaţii electrice trifazate introducerea voltmetrului se face ca în figura 3.6, prin intermediul unui comutator voltmetric *CV* cu şapte poziţii care permite comutarea conexiunilor:

— pe toate cele trei faze, pentru a se măsura tensiunea de fază ($R-0$; $S-0$ şi $T-0$);

— între linii, pentru a se măsura tensiunea de linie ($R-S$; $S-T$ şi $T-R$);

— pe o poziţie de repaus, când voltmetrul va indica zero.

d. Wattmetre

Wattmetrele sunt aparate electrodinamice (în curent continuu sau alternativ) sau de inducţie (în curent alternativ) pentru măsurarea puterii, deci a produsului *UI* în curent continuu şi a produsului $UI\cos\varphi$ în curent alternativ.

Wattmetrele se execută cu două bobine:

— *de curent:* cu spire puţine şi secţiune mare pentru a avea rezistenţa foarte mică;

— *de tensiune:* cu spire multe şi secţiune mică pentru a avea rezistenţa foarte mare.

Prima bobină se va lega în serie cu circuitul receptorului a cărui putere se măsoară, iar a doua bobină se va lega în paralel cu receptorul (fig. 3.7). Bornele de intrare ale celor două bobine sunt însemnate pe cutia aparatului cu o steluţă * (fig. 3.7) şi ele se vor lega împreună. Montajul din figura 3.7 este indicat atât în curent continuu, cât şi în curent alternativ. În acest ultim caz, wattmetrul indică puterea activă absorbită de receptor.

În cazul curentului alternativ trifazat se vor folosi unul, două, sau trei wattmetre astfel:

— *un singur wattmetru* când receptorul este echilibrat şi montajul se va face ca în figura 3.8. Deci puterea receptorului va fi:

$$P = 3P_m, \tag{3.7}$$

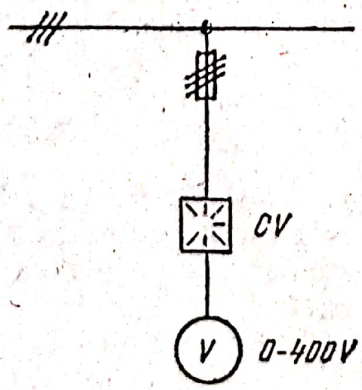


Fig. 3.6. Reprezentarea în schemele de instalaţii electrice a montării voltmetrului.

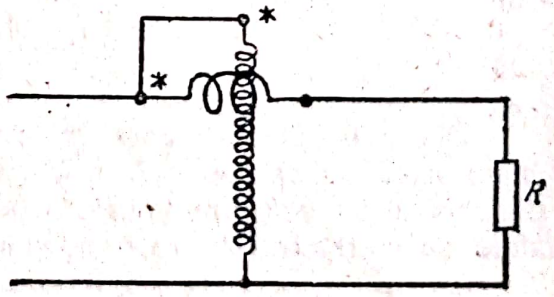


Fig. 3.7. Montarea wattmetrului în circuit.

Scanned with OKEN Scanner

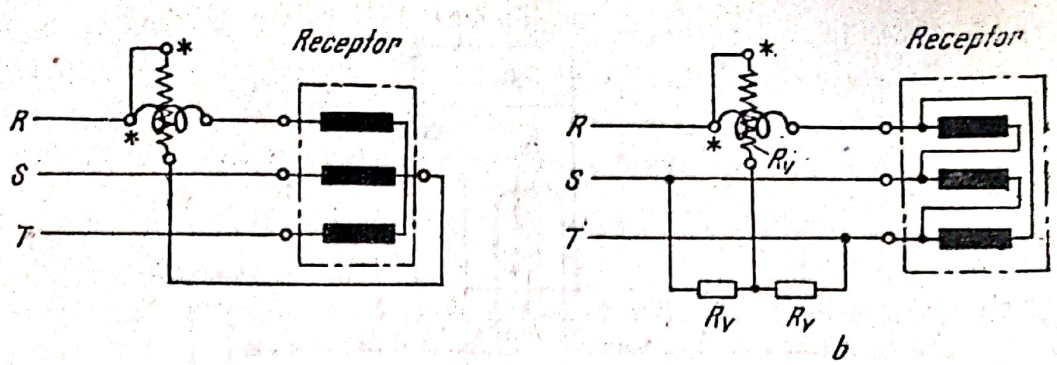


Fig. 3.8. **Montarea wattmetrului în circuitul unui receptor trifazat echilibrat:**
a — legat în stea; *b* — legat în triunghi.

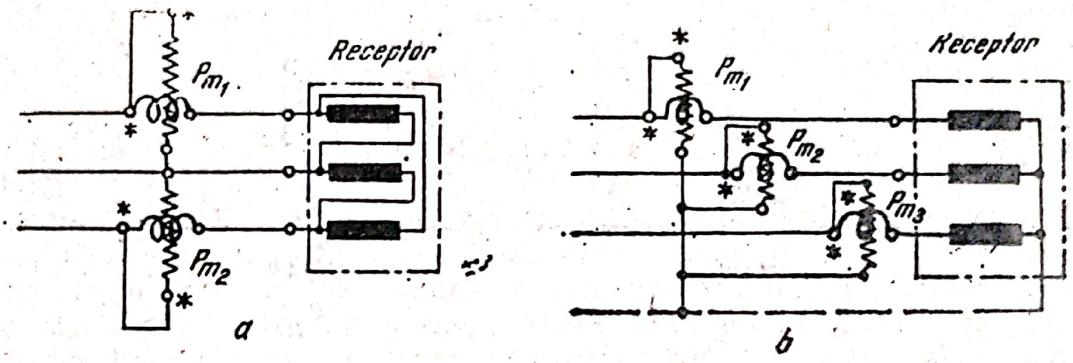


Fig. 3.9. **Montarea wattmetrelor în circuitul unui receptor trifazat dezechilibrat:**
a — fără neutru; b — cu neutru.

unde P_m este puterea indicată de wattmetru;

— *două wattmetre* (fig. 3.9, a), când conductorul de nul lipseşte. Puterea receptorului va fi:

$$P = P_{m1} + P_{m2}; \tag{3.8}$$

— *trei wattmetre* (fig. 3.9, b), când receptorul este prevăzut cu conductorul de nul. Bobinele de curent se vor lega pe fiecare fază, în timp ce bobinele de tensiune se vor lega între faza respectivă şi nul. Puterea receptorului va fi:

$$P = P_{m1} + P_{m2} + P_{m3}. \tag{3.9}$$

Pentru a se mări domeniul de utilizare al wattmetrului, bobina de curent se leagă fie cu şunt, în curent continuu, fie prin reductor de curent, în curent alternativ, iar bobina de tensiune se leagă cu rezistenţa adiţională, în curent continuu şi prin reductor de tensiune în curent alternativ.

e. Contoare

Contoarele sunt aparate electrodinamice (în curent continuu) şi cu inducţie (în curent alternativ) pentru măsurarea energiei. Au construcţia asemănătoare cu cea a wattmetrului, suplimentar fiind prevăzute cu un mecanism de înregistrare cu afişaj. Legăturile electrice se fac la fel ca la wattmetru şi schemele de montare sunt identice.

Un contor monofazat se leagă la bornele unui receptor ca în figura 3.10. Faza receptorului se leagă la bornele *1* şi *3*, iar nulul la bornele *4* şi *5*. Bornele

Scanned with OKEN Scanner

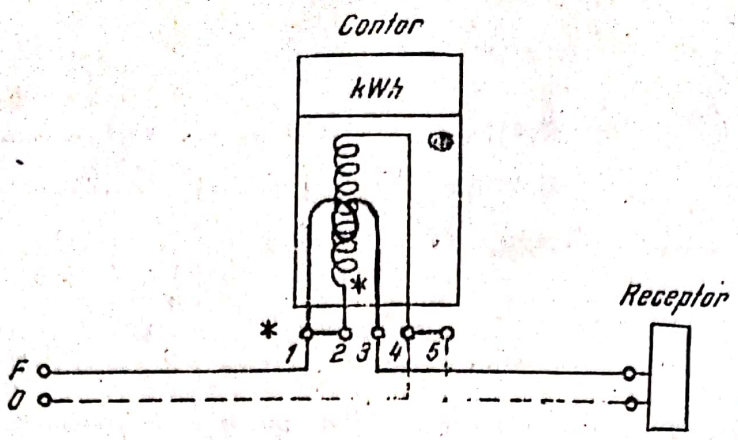


Fig. 3.10. **Schema legăturilor electrice pentru un contor monofazat.**

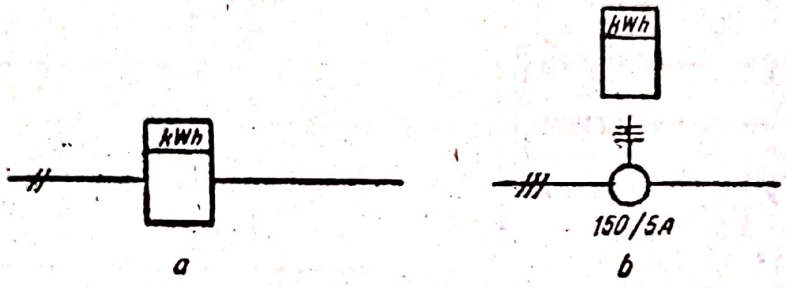


Fig. 3.11. **Moduri de reprezentare a montării contorului electric în schemele de instalaţii electrice:**
a — direct pe coloana electrică monofazată; *b* — cu reductor de curent pe coloana trifazată.

1, *2* şi *4*, *5* se leagă împreună pentru a asigura legarea bobinei voltmetrice şi o legare uşoară la bornele contorului. Analog se execută legăturile şi în cazul contoarelor trifazate. În schemele de instalaţii electrice contorul se poate monta direct sau prin intermediul unor reductoare de curent (fig. 3.11).

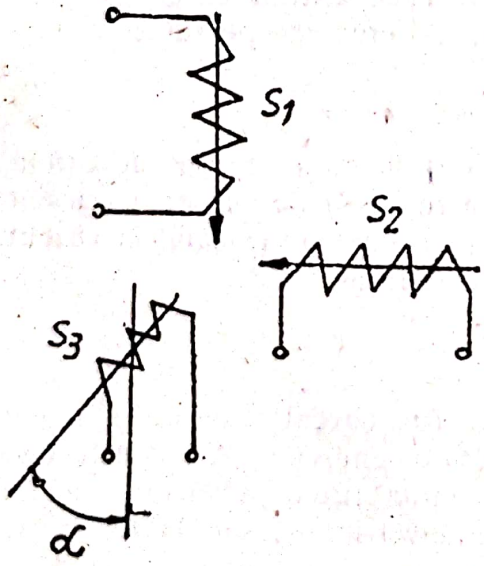


Fig. 3.12. **Principiul de funcţionare al consfimetrului.**

f. Cosfimetre

Cosfimetrele sunt aparate destinate măsurării unghiului (φ) de defazaj dintre curentul I ce trece printr-un circuit electric şi tensiunea U de la bornele acestuia, atunci când scara este gradată în grade, sau a factorului de putere al circuitului, atunci când scara este gradată în valorile cosinusului unghiului φ.

În figura 3.12. este prezentat principiul de funcţionare al unui consfimetru electrodinamic. Se compune din trei bobine: S_1, S_2 şi S_3. Primele două sunt fixe şi au axele la 90°. S3 este o bobină mobilă în câmpul primelor două. Bobinele S_1 şi S_2 sunt alimentate de tensiunea U a reţelei, iar bobina S_3 este parcursă de curentul I. În acest fel, câmpul

Scanned with OKEN Scanner

magnetic H_1 al bobinei S_1 este în fază cu tensiunea, iar câmpul H_2 al bobinei S_2 este în cuadratură cu ea. Momentele de rotaţie produse de bobinele S_1 şi S_2 asupra bobinei S_3 sunt:

$$M_1 = C_1 I H_1 \sin \alpha \cos \varphi, \tag{3.10}$$

$$M_2 = C_2 I H_2 \sin (90^\circ - \alpha) \cos (90^\circ - \varphi),$$

unde C_1 şi C_2 sunt constante.

În poziţia de echilibru $M_1 = M_2$. Constructiv, se realizează condiţiile $C_1 = C_2$ şi $H_1 = H_2$, astfel că unghiul α în care bobina S_3 se află în echilibru este identic cu unghiul φ de defazaj dintre tensiunea U şi curentul I. Bobina S_3 este solidară cu un ac indicator ce permite redarea pe o scară, fie a valorii lui φ, fie a lui $\cos \varphi$.

2. APARATE DE PROTECŢIE

Instalaţiile electrice sunt dimensionate pentru un anumit regim de funcţionare *(regimul nominal)* în care nu se depăşesc anumite limite de solicitare termică, mecanică, electrică etc. Acest regim corespunde unei funcţionări normale a instalaţiei. Depăşirea acestor limite se datoreşte unui defect sau unor funcţionări anormale care pot provoca *avarii*, adică pagube care uneori pot fi deosebit de mari. Aparatele de protecţie au rolul de sesiza depăşirea limitelor impuse de regimul nominal şi prin comenzile pe care le dau evită producerea avariei. După ce se înlătură cauza care a provocat acţionarea aparatelor de protecţie, acestea intră din nou în funcţionare normală.

Cele mai frecvente deranjamente în instalaţiile electrice se datoresc regimurilor de supracurenţi.

Regimurile de supracurenţi (curent mai mare decât cel nominal) sunt de două feluri: *de scurtcircuit* şi *de sarcină.*

Regimul de supracurenţi de scurtcircuit are loc când curentul creşte la 6 ... 10 ori curentul nominal. Acest lucru se datoreşte punerii în contact a două puncte de potenţiale diferite:

— conductorul de fază cu conductorul de nul;

— conductorul de fază cu un alt element bun conducător legat la pământ (carcasa metalică a unui receptor, a unui tablou electric etc.);

— conductoare de faze diferite etc.

Părţile din instalaţie parcurse de curenţi de scurtcircuit (conductoare, aparate etc.) se deteriorează rapid dacă aceşti curenţi durează un timp îndelungat. De aceea *protecţia* la acest regim trebuie să fie teoretic *instantanee.* Practic, curentul de scurtcircuit se păstrează în instalaţie un timp de ordinul milisecundelor, timp suficient deteriorării instalaţiei. Aparatele care protejează la scurtcircuit în instalaţiile de joasă tensiune sunt siguranţele fuzibile şi releele electromagnetice.

Regimul de supracurenţi de sarcină are loc când curentul creşte peste valoarea curentului nominal cu 1—20%. Acest regim este frecvent la motoarele electrice ce funcţionează cu o putere absorbită variabilă, în funcţie de momentul rezistent la arborele motorului. Mărirea momentului rezistent, din cauza unei folosiri incorecte a maşinii, duce la un regim de suprasarcină. Acelaşi efect îl are şi funcţionarea în două faze a motorului sau scăderea tensiunii de la bornele maşinii. Supracurentul de sarcină este periculos numai dacă este menţinut un timp mai mare decât cel după care se atinge limita solicitării termice

Scanned with OKEN Scanner

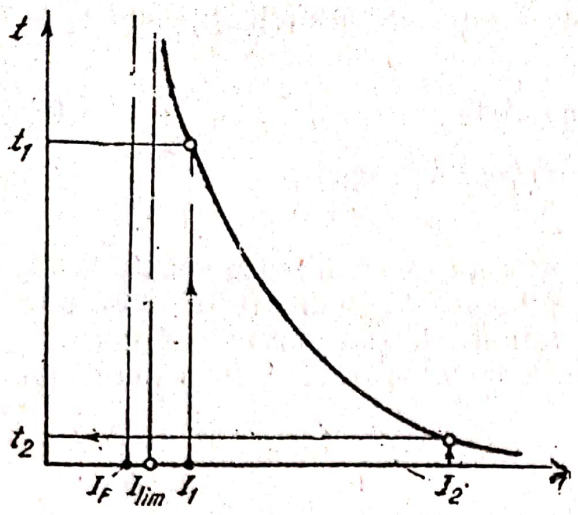


Fig. 3.13. **Caracteristica siguranţei fuzibile** $I = f(t)$.

(temperatura admisibilă). Aceasta se atinge mai repede dacă supracurentul este mare şi mai încet, dacă supracurentul este mic.

De aceea, protecţia la acest regim este *temporizată* şi se asigură prin siguranţe fuzibile şi relee termice.

● **Siguranţele fuzibile** sunt aparate pentru protecţie atât la suprasarcină, cât şi la scurtcircuit. Au în construcţia lor un *fuzibil* străbătut de curentul supravegheat şi care întrerupe circuitul prin topire.

Legătura dintre curentul electric şi timpul în care are loc topirea fuzibilului se numeşte *caracteristica siguranţei fuzibile* $I = f(t)$ (fig. 2.13). Curba este asimptotică la o valoare a curentului numită *curent limită* I_{lim}. Curentul nominal al fuzibilului (I_F) este mai mic decât acesta. Dacă prin fuzibil trece un curent de suprasarcină I_1, aceta duce la topirea fuzibilului după timpul t_1 când temperatura a atins valoarea limită. Dacă prin fuzibil trece un curent de scurtcircuit I_2, acesta duce la topirea fuzibilului într-un timp foarte mic t_2 (practic topirea are loc în instantaneu).

În felul acesta siguranţa fuzibilă poate asigura ambele tipuri de protecţii. Aceasta se realizează în toate instalaţiile electrice de lumină.

Siguranţele fuzibile de joasă tensiune se execută în două variante constructive:

— *cu filet* (până la 100 A);

— *cu mare putere de rupere (MPR)* (de la 100 la 630 A).

Siguranţele cu filet sunt formate din trei elemente principale: *soclul, patronul* şi *capacul.*

Soclul se execută din material ceramic, asigură fixarea siguranţei pe suportul de susţinere în tabloul electric şi realizează contactele electrice în circuitul electric (fig. 3.14).

Se execută cu legăturile electrice în spate (siguranţe *LS* — fig. 3.14, *a*) şi cu legăturile electrice în faţă: *LF* când legăturile electrice sunt izolate

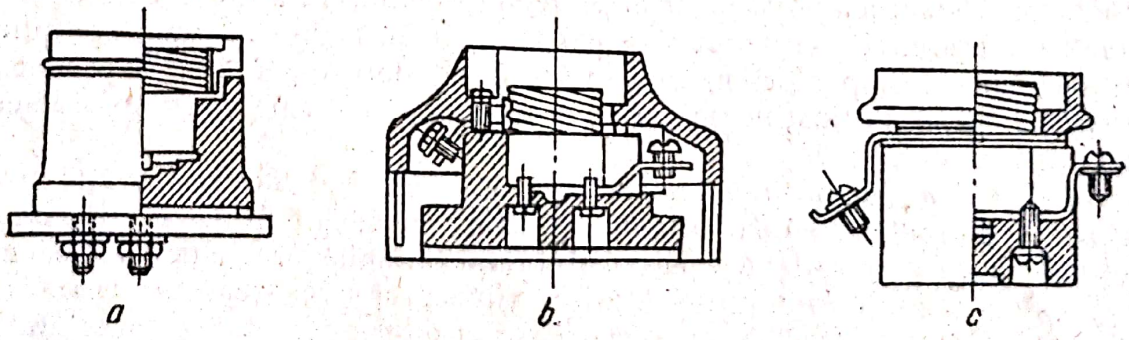
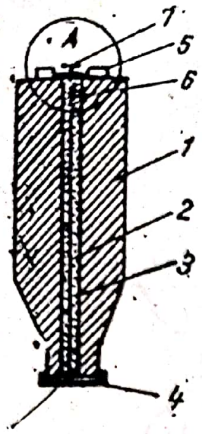


Fig. 3.14. **Socluri pentru siguranţe fuzibile cu filet:**
a — cu legături în spate (LS); *b* — cu legături în faţă izolate (LF); *c* — legături în faţă neizolate (LFi).

Scanned with OKEN Scanner



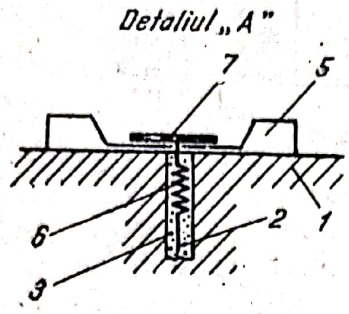


Fig. 3.15. **Patronul siguranţei fuzibile.**

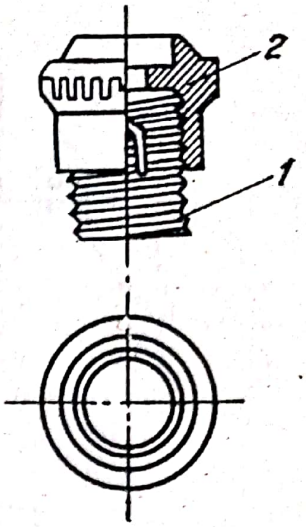


Fig. 3.16. **Capacul siguranţei fuzibile.**

(fig. 3.14, *b*) şi *LFi* când acestea sunt neizolate de contactul cu mâna (fig. 3.14, *c*); siguranţele *LFi* se mai numesc şi de tip industrial.

Patronul este un corp tubular, ceramic (fig. 3.15). În tubul *1* se află firul fuzibil *2* înconjurat de nisip cuarţos *3* cu rolul de a-l susţine şi a ajuta la stingerea arcului electric ce se formează când se topeşte fuzibilul. Firul are la capete două piese metalice *4* şi *5* pentru a asigura contactul electric. Prinderea de aceste piese se face prin lipire de piesa *4* şi printr-un disc *7* şi un resort de întindere *6*. Discul *7* are diferite culori în funcţie de curentul nominal al fuzibilului din interior şi în caz de topire a fuzibilului resortul îl aruncă din poziţia sa, dând posibilitatea unei identificări rapide a siguranţei topite.

Capacul (fig. 3.16) este compus dintr-o piesă metalică filetată *1* şi o piesă din material ceramic *2*. Prin piesa *1* se prinde în soclu asigurând fixarea patronului şi introducerea firului în circuitul electric. Piesa izolatoare *2* susţine şi izolează piesa *1* şi permite observarea discului colorat al patronului pentru a putea urmări dacă siguranţa este în funcţiune sau nu.

Siguranţele cu mare putere de rupere (*MPR*) (fig. 3.17) au un soclu ceramic *1* cu acelaşi rol ca în cazul anterior. Contactele electrice *2* sunt de tip furcă şi în ele se introduc contactele fuzibilului. Fuzibilul este de tip bandă cu strangulări (pentru o stingere uşoară a arcului electric) şi este montat într-un suport ceramic *4* umplut cu nisip de cuarţ. La capete se prelungeşte cu contactele electrice *5* de tip cuţit. Suportul fuzibilului are nişte gheare 6 pentru prinderea mânerului cu care se poate monta fuzibilul în soclul siguranţei. De aceea, aceste siguranţe se mai numesc şi *siguranţe cu mâner*. Legătura electrică se face la contactele *2*, prin bornele *3*. Siguranţele *MPR* de curent alternativ se fac pentru fuzibile de 125, 160, 200, 250, 315 A (montate în soclu *MPR* de 315 A) şi 400, 500, 630 A (montate în soclu *MPR* de 630 A).

Semnele folosite pentru utilizarea siguranţelor de protecţie în circuitele de instalaţii electrice sunt date în figura 3.18. Semnele pentru siguranţele *LS LF* şi *LFi* sunt identice.

● **Releele electromagnetice** (fig. 3.19) sunt formate dintr-o înfăşurare *1*, plasată pe un miez de fier *2* şi parcursă de curentul supravegheat. Când acest curent atinge valoarea curentului de scurtcircuit, câmpul magnetic format acţionează cu o forţă activă asupra clapetei *3* care este atrasă şi care, la rândul

Scanned with OKEN Scanner

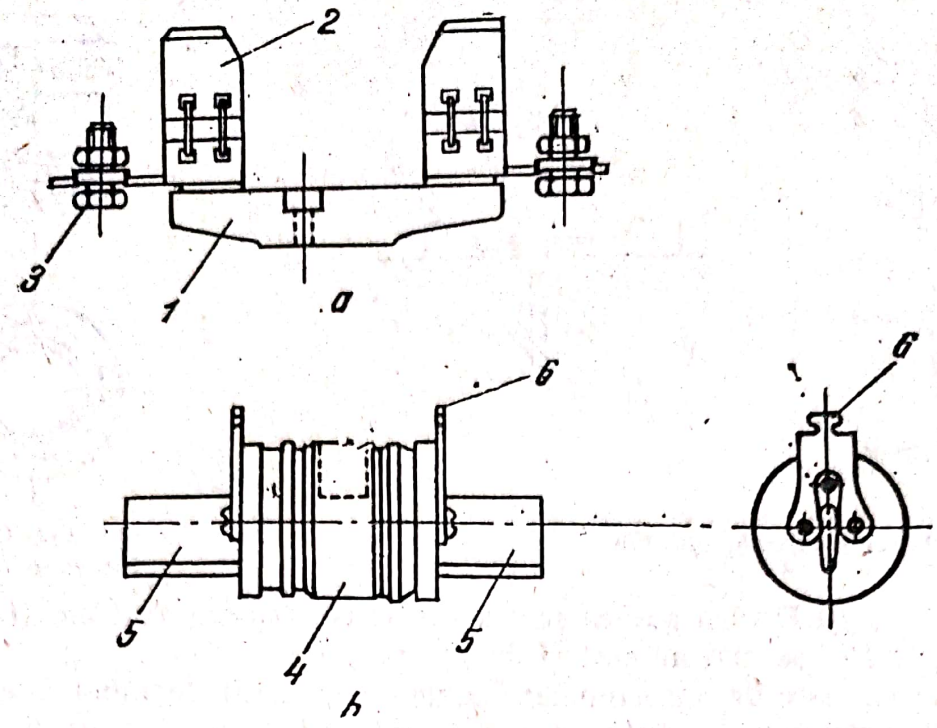


Fig. 3.17. **Siguranţă cu mare putere de rupere (MPR):**
a — soclu MPR; *b* — patron MPR.

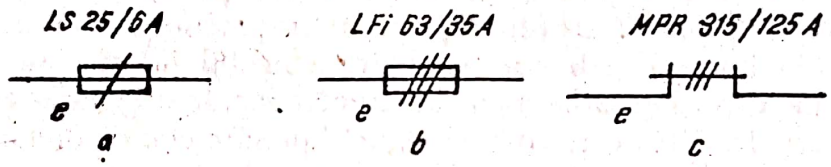


Fig. 3.18. **Semnele utilizate pentru reprezentarea siguranţelor electrice:**
a — pe circuit monofazat; *b* şi *c* — pe circuit trifazat.

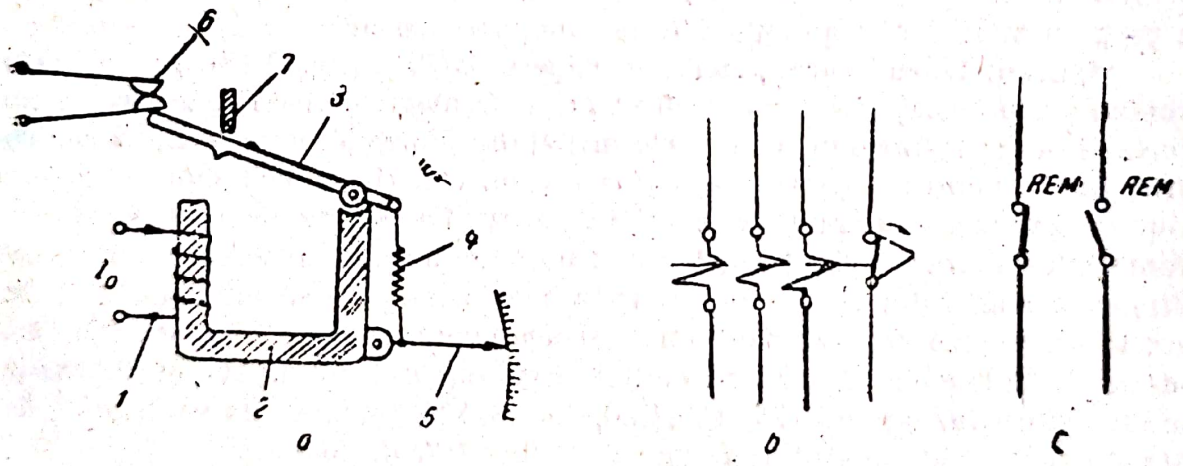


Fig. 3.19. **Releul electromagnetic:**
a — construcţia releului; *b* — reprezentarea în schemele de instalaţii electrice; *c* — contacte ce sunt deschise de releul electromagnetic.

ei, deschide contactele *6*. Forţa rezistentă este dată de forţa elastică din resortul *4* ce poate fi reglată pe cale mecanică, acul indicator *5* indicând variaţia acesteia. Cursa clapetei în partea superioară este limitată de un opritor *7*. Deci la trecerea curentului de scurtcircuit prin înfăşurarea *1* releul deschide

Scanned with OKEN Scanner

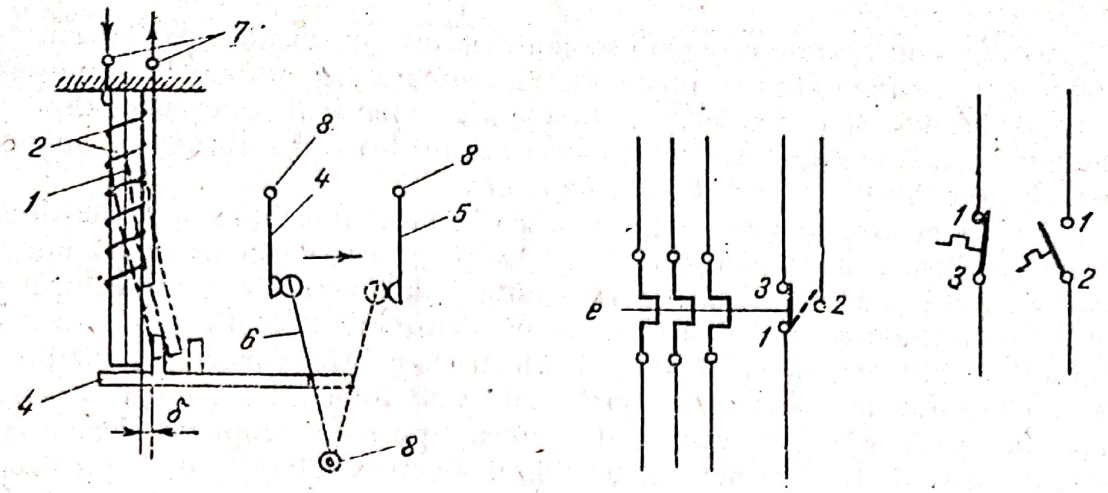


Fig. 3.20. **Releul termic:**
a — construcţia releului; *b* — reprezentarea în scheme; *c* — contacte ce sunt deschise sau închise termic.

contactele *6* care vor juca rolul de întreruptor într-un alt circuit electric ce va comanda întreruperea curentului de scurtcircuit.

Releele electromagnetice nu sunt aparate de sine stătătoare. Ele se găsesc montate într-un ansamblu de aparate (întreruptoare automate etc.). Reprezentarea lor în schemele de instalaţii electrice se face ca în figura 3.19, *b* în care s-a redat un bloc de trei relee electromagnetice, deoarece acest montaj este cel mai frecvent. Contactele ce sunt deschise şi închise de releul electromagnetic se reprezintă ca în figura 3.19, *c*.

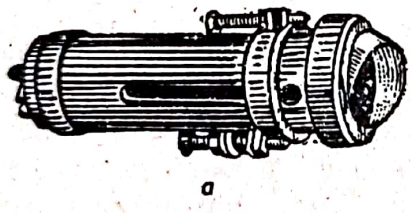
• **Releele termice** asigură protecţia la regimul de curenţi de suprasarcină. Piesa de bază a releului este un *bimetal* (piesă formată din două metale cu coeficienţi de dilataţie foarte diferiţi, încât la încălzire se dilată încovoindu-se pe partea metalului cu coeficientul de dilataţie mai mic). Dacă curentul prin înfăşurarea *2* (fig. 3.20, *a*) depăşeşte valoarea limită, bimetal acţionează (datorită încovoierii) tija *3* izolatoare, deplasând-o lateral. Aceasta deplasează contactul mobil *6* desfăcând grupul de contacte *4* (numite *normal închise*) şi închizând grupul de contacte *5* (numite *normal deschise*). Releele termice acţionează temporizat ca şi siguranţa fuzibilă având o caracteristică asemănătoare, cu diferenţa că nu răspunde la curenţii de scurtcircuit. Contactele *4* desfăcute vor comanda un alt circuit ce va întrerupe curentul de suprasarcină, iar contactele *5* vor comanda un circuit de semnalizare a defectului. Contactele *7* prin care trece curentul principal, de supravegheat, se numesc *contacte principale,* iar contactele *4* şi *5*, *contacte secundare*. Releele termice se pot găsi ca piese componente într-un alt aparat (întreruptor automat, contactor cu relee termice etc.) sau se pot introduce în circuite ca aparate independente. În acest din urmă caz se mai numesc şi *blocuri de relee termice*. Ele se fabrică în ţara noastră pentru curent alternativ în varianta numită *TSA* cu bimetale pentru curenţi de serviciu de la 0,19 A la 400 A. Blocul de relee termice se reprezintă în schemele de instalaţii electrice ca în figura 3.20, *b,* iar contactele care sunt deschise sau închise de acesta ca în figura 3.20, *c*.

Scanned with OKEN Scanner

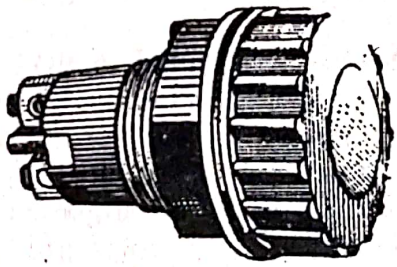
Acestea sunt aparate care emit semnale optice sau acustice, pentru a atrage atenţia asupra unui anumit regim de funcţionare fie normal, fie anormal. Aproape întotdeauna regimul de funcţionare anormal este semnalizat şi printr-un semnal acustic. În această categorie intră o gamă diversă de aparate: *lămpi de semnalizare, sonerii, buzere, hupe* etc.

Lămpile de semnalizare conţin o lampă cu incandescenţă sau cu descărcări în gaze, de foarte mică putere (2 W — 15 W). Lampa este montată într-un soclu ce se execută într-o gamă foarte variată în funcţie de mediul, locul de montaj, protecţia mecanică ce trebuie să o asigure etc. Soclul este prevăzut cu şuruburi de prindere şi cu contactele electrice pentru conectarea lămpii în circuitul electric. În unele cazuri şuruburile sunt înlocuite cu un filet pentru fixare. În figura 3.21 sunt prezentate câteva tipuri de lămpi de semnalizare utilizate frecvent. În schemele de instalaţii electrice lămpile de semnalizare sunt acţionate, de regulă, de contacte ale aparatelor electrice ca: întreruptoare, relee termice, relee electromagnetice sau alte relee. În figura 3.22 se prezintă câteva circuite în care lămpile de semnalizare sunt acţionate de diferite aparate.

În cazurile *a*, *b* şi *c* din figura 3.22 lămpile h_1, h_2 şi h_3 sunt stinse în mod normal. Ele se aprind numai dacă releul termic *e* sesizează regimul de suprasarcină periculos (*a*), releul electromagnetic *REM* sesizează regimul de scurtcircuit (*b*) şi dacă releul intermediar d_1* este parcurs de curent (*c*). În cazul *d* din figura 3.22 lampa h_4 este aprinsă în mod normal, indicând un anumit regim de funcţionare, de regulă foarte important. Dacă prin releul d_2 trece curent electric contactul său d_2 se va deschide şi lampa h_4 se stinge, semnalizând ieşirea din regimul anterior.



a



b

c

Fig. 3.21. **Lămpi de semnalizare:** *a* — lămpi de 5 W la 220 V cu protecţie metalică; *b* — lampă de 2 W la 24 V cu protecţie de material plastic colorat; *c* — set de lămpi de semnalizare 9 × 10 W la 220 V.

* Releul constă dintr-o bobină care, parcursă de curent, atrage o tijă (armătura sa) pe care se află mai multe contacte. Prin mişcarea tijei o parte din contacte se închid (sunt contactele care *normal* sunt *deschise*) şi celelalte se deschid (care sunt *normal închise*).

Scanned with OKEN Scanner

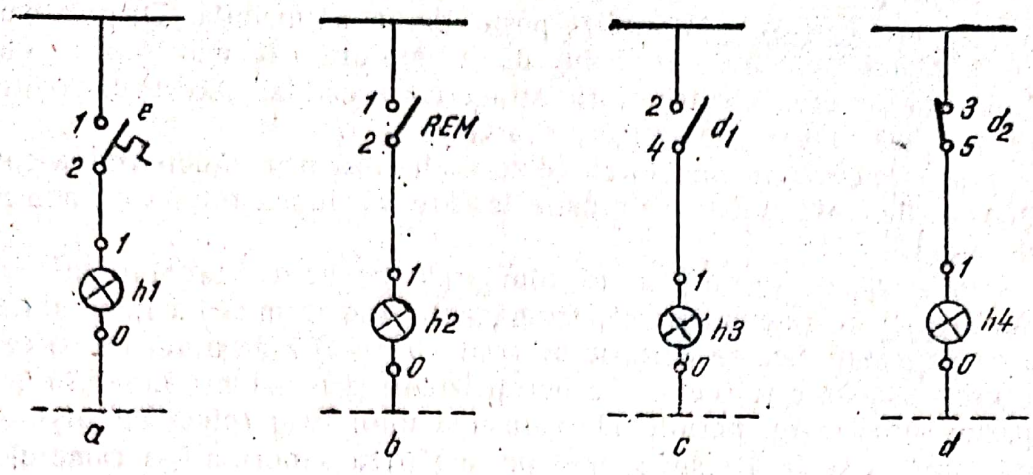


Fig. 3.22. **Circuit cu lampă de semnalizare:**
a — acţionată de un releu termic; *b* — acţionată de un releu electromagnetic, REM; *c* — acţionată de un releu oarecare d_1; *d* — acţionată de un releu oarecare d_2.

4. APARATE DE CONECTARE

Aparatele de conectare sunt aparate destinate *închiderii* şi *deschiderii* circuitelor electrice. Clasificarea acestor aparate se face după mai multe criterii:

— **după felul în care se face manevra de închidere sau deschidere:** *aparate manuale* (sau *neautomate*) şi *aparate automate;*

— **după curentul nominal:** *aparate pentru curenţi mari* (utilizate în circuitele receptoarelor de putere) şi *pentru curenţi mici* (utilizate în circuitele receptoarelor de mică putere sau în circuitele bobinelor releelor de comandă);

— **după funcţia pe care o au în instalaţia electrică:** *întreruptoare*, când se realizează închiderea şi deschiderea unui circuit electric parcurs de curent; *comutatoare,* când realizează închiderea unui circuit simultan cu deschiderea altuia şi invers; *separatoare,* când realizează deschiderea şi închiderea unui circuit electric sub tensiune, dar care nu este parcurs de curent.

a. Întreruptoare şi comutatoare

Elementele principale din construcţia acestor aparate sunt: contactele, dispozitivul de stingere a arcului electric, dispozitivul de acţionare.

Contactele sunt piese metalice, bune conducătoare de electricitate. Când sunt în contact ele permit trecerea curentului electric, iar când sunt îndepărtate curentul nu mai trece.

Contactele sunt foarte solicitate deoarece la deschiderea circuitului electric, când distanţa dintre ele este foarte mică, apare un arc electric. Arcul electric are temperatura ridicată şi încălzeşte puternic aceste piese. La închideri şi deschideri frecvente contactele se deteriorează introducând în circuit o rezistenţă electrică ce creşte în timp datorită imperfecţiunii contactului electric.

Dispozitivul de stingere a arcului electric. S-a arătat că la deschiderea contactelor între acestea apare un arc electric periculos pentru contacte. Degajarea de căldură a arcului afectează nu numai contactele, ci şi celelalte

Scanned with OKEN Scanner

părţi componente ce se pot încălzi peste limita admisibilă. Dispozitivul de stingere a arcului electric are rolul de a înlătura cât mai repede efectul nefavorabil al arcului electric prin stingerea acestuia. Acest dispozitiv se bazează pe două metode de stingere a arcului:

— *prin alungirea arcului*, lucru ce se realizează prin îndepărtarea contactelor până la distanţă suficient de mare la care tensiunea reţelei nu mai poate menţine arcul;

— *prin suflarea arcului*, adică alungirea şi răcirea arcului cu o forţă obţinută prin efect: pneumatic, electromagnetic sau termic. La întreruptoarele pentru curenţi mari fiecare pereche de contacte se află montată într-o cameră de stingere. Aceasta este o cutie cu pereţi izolaţi şi rezistenţi, deschisă la bază şi la partea superioară, permiţând realizarea unui tiraj (efect de coş). Aerul din jurul arcului se încălzeşte şi iese pe la partea superioară a camerelor de stingere antrenând şi arcul electric, grăbind astfel stingerea.

Dispozitivul de acţionare. Acesta realizează forţa de apăsare a contactelor sau forţa necesară depărtării lor. El trebuie să asigure deplasarea contactelor într-un timp cât mai scurt, pentru a se putea stinge arcul electric.

● **Întreruptoare şi comutatoare manuale pentru circuitele de lumină.**

Se execută pentru curenţi mici, sub 10 A. Acţionarea este manuală, prin intermediul unei pârghii susţinută de un resort; de aceea se mai numesc şi *basculante*. Cele mai utilizate aparate din această categorie sunt:

— *întreruptorul simplu* (fig. 3.23.) se montează într-o doză de aparat, iar conductele electrice de legătură sunt aduse prin tuburi de protecţie (fig. 3.23, *d*);

— *întreruptorul dublu* (fig. 3.24) are o construcţie asemănătoare, cu observaţia că îndeplineşte rolul a două întreruptoare simple. Se foloseşte în încăperile cu două sau mai multe corpuri de iluminat pentru o utilizare raţională a acestora în timp. Cu o poziţie se asigură acţionarea unui grup de corpuri şi cu cealaltă poziţie cea a restului corpurilor de iluminat din încăpere (conform schemei din figura 2.6);

— *comutatorul de capăt* (fig 3.25) asigură contactul electric al bornei *0*, fie cu borna *1*, fie cu borna *2*. Două comutatoare de capăt legate ca în figura 3.26 oferă posibilitatea aprinderii din două puncte diferite a unuia sau a mai

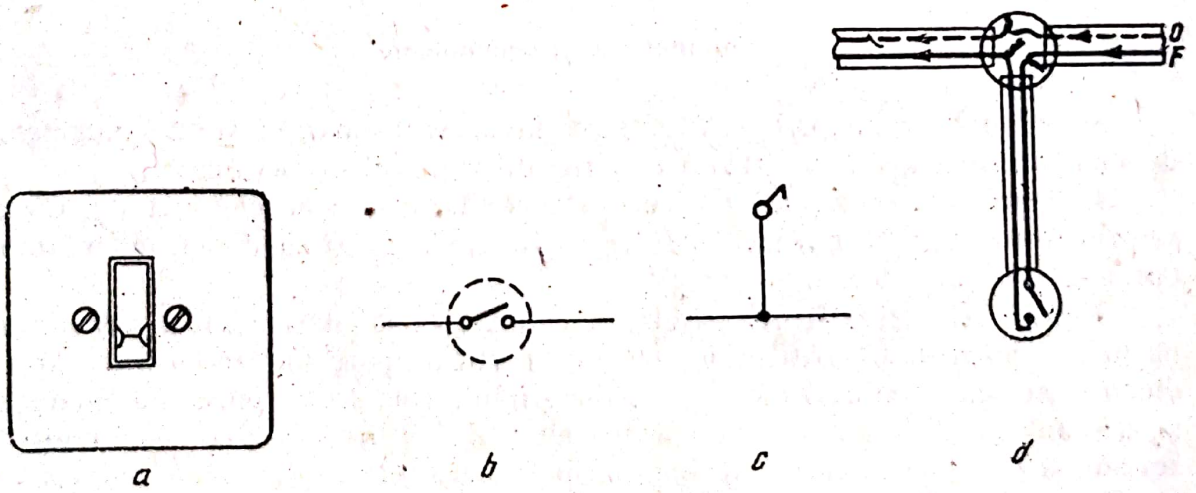


Fig. 3.23. **Întreruptor simplu pentru circuitele de lumină:**
a — vedere exterioară; *b* — schema electrică; *c* — reprezentare monofilară pentru circuitele de lumină; *d* — detaliu multifilar de legare a întreruptorului.

Scanned with OKEN Scanner

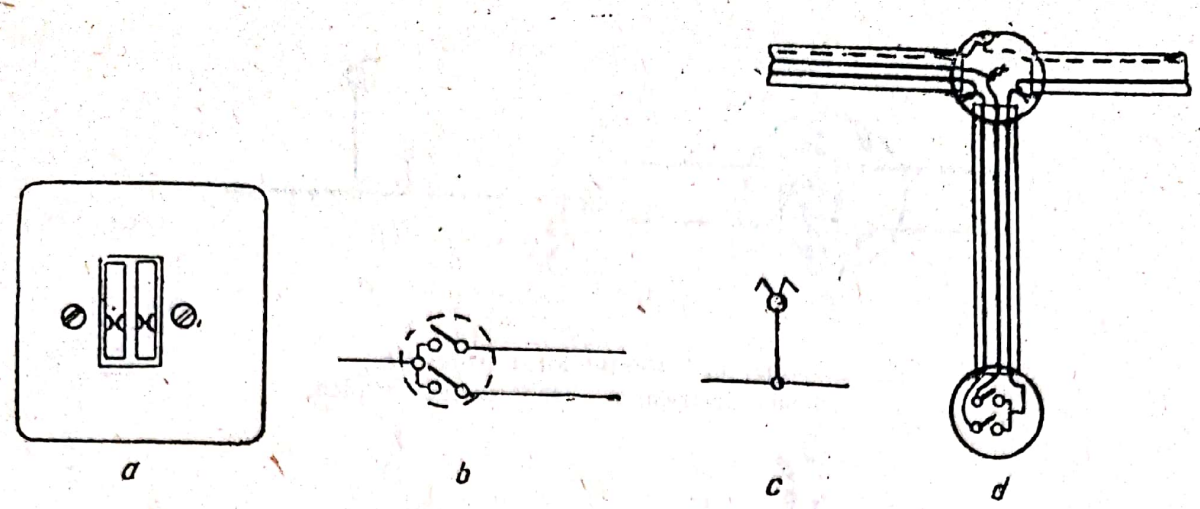
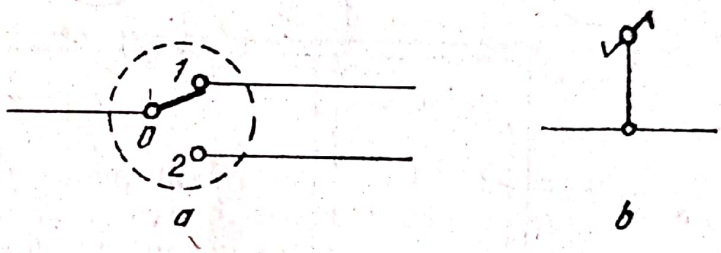


Fig. 3.24. **Întreruptorul dublu pentru circuitele de lumină:**
a — vedere exterioară; *b* — schema electrică; *c* — reprezentare monofilară pentru circuitele de lumină; *d* — detaliu multifilar de legare a întreruptorului dublu.

Fig. 3.25. **Comutatorul de capăt:**
a — schema electrică; *b* — reprezentare în plan.



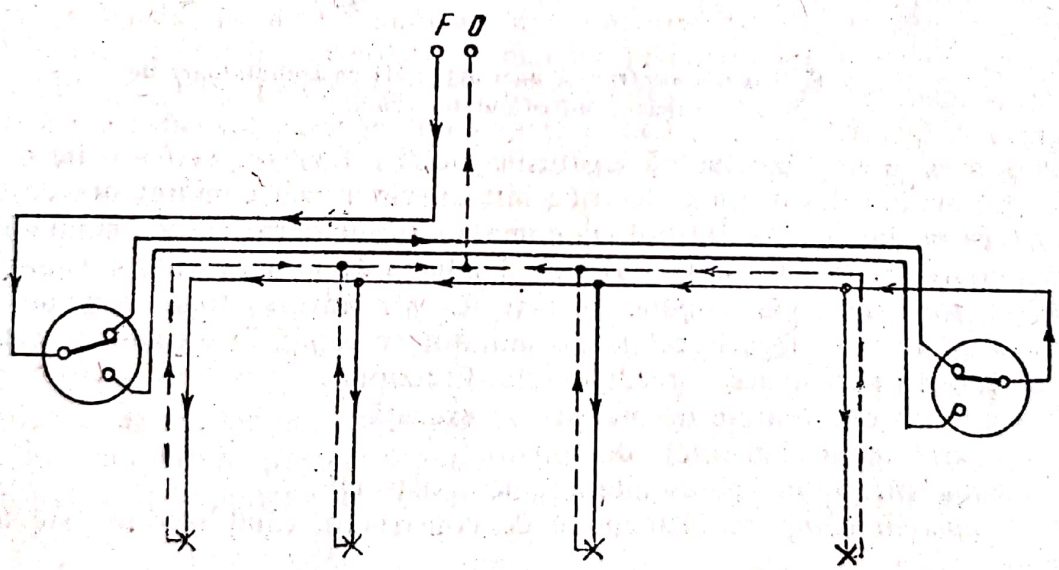


Fig. 3.26. **Schema electrică a acţionării din două puncte diferite a unui grup de corpuri de iluminat cu comutatoare de capăt.**

multor corpuri de iluminat. Soluţia se utilizează la aprinderea corpurilor de iluminat dintr-o încăpere cu două intrări la fel de utilizate, din casa scării, din culoarele lungi din locuinţe sau clădirile social-administrative etc.;

— *comutatorul cruce,* utilizat pentru una sau mai multe acţionări intermediare între comutatoarele de capăt. Schema electrică este reprezentată în figura 3.27. Comutatorul are două lamele de contact, solidare pe pârghia

Scanned with OKEN Scanner

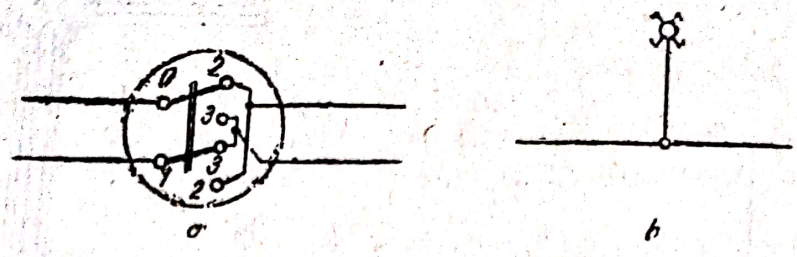


Fig. 3.27. **Comutatorul cruce:**
a — schema electrică; *b* — reprezentare în plan.

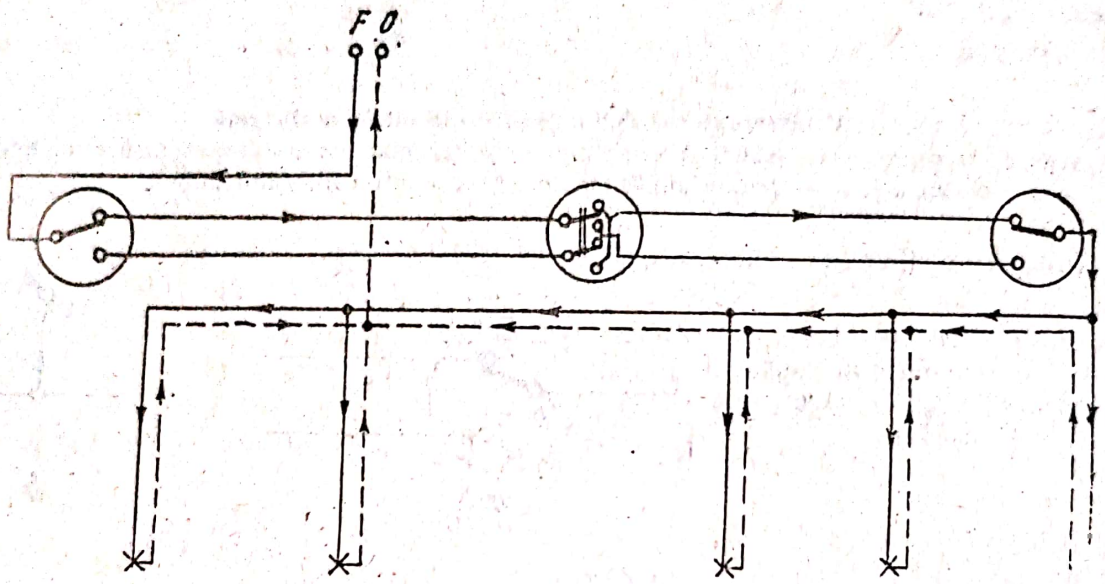


Fig. 3.28. **Schema electrică a unei acţionări cu comutatoare de capăt şi un comutator cruce.**

de acţionare şi care efectuează legăturile eletrice fie *0 – 2* şi *1 – 3*, fie *0 – 3* şi *1 – 2*. Executarea legăturilor electrice într-un circuit cu comutatoare de capăt se face ca în figura 3.28. Între două comutatoare de capăt se pot monta atâtea comutatoare cruce câte sunt necesare. Conducta de fază va intra într-unul din comutatoarele de capăt, conductele care ies vor traversa toate comutatoarele cruce şi apoi se vor lega la celălalt comutator de capăt. De conducta rezultată se vor lega în paralel toate receptoarele de lumină.

Toate întreruptoarele de mai sus se execută:

— *îngropat* în elementele de construcţii;

— *aparent normal* pe elementele de construcţii;

— *aparent etanş* pe elementele de construcţii, când mediul este foarte corosiv.

• **Întreruptoare şi comutatoare manuale de putere.** Se execută în două tipuri constructive: *cu pârghie* şi *rotative*.

Întreruptoarele cu pârghie (fig. 3.29) au o construcţie foarte simplă: circuitul electric este realizat prin intermediul contactului mobil *1* (cuţit) care leagă electric contactele fixe *2* (furci). Deschiderea circuitului se realizează prin acţionarea mânerului izolator *3* în sensul săgeţii. Arcul electric ce se formează între contactul fix şi mobil se stinge datorită alungirii lui prin deplasarea contactului mobil şi suflajului termic natural ce se realizează la ridicarea aerului

Scanned with OKEN Scanner

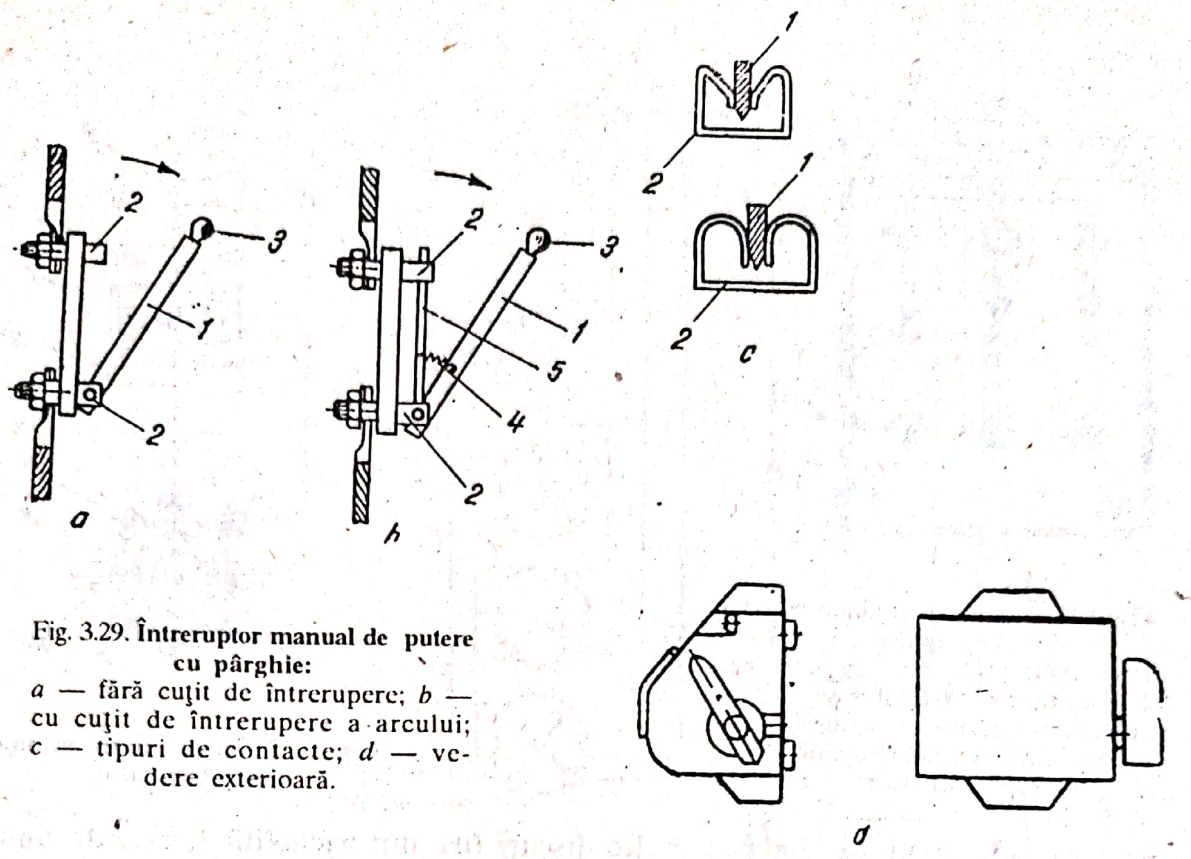


Fig. 3.29. **Întreruptor manual de putere cu pârghie:**
a — fără cuţit de întrerupere; *b* — cu cuţit de întrerupere a arcului; *c* — tipuri de contacte; *d* — vedere exterioară.

cald. La întreruptoarele pentru curenţi mari (peste 100 A), întreruptorul este prevăzut cu un contact mobil de rupere, *5*, acţionat când resortul *4* a fost suficient întins. În acest fel stingerea arcului electric este mai bună, ea fiind independentă de viteza de manevrare a contactului mobil *1*. Întreruptoarele de tipul acesta se execută tripolare şi mai au în componenţa lor o carcasă de protecţie care acoperă dispozitivele descrise (fig. 3.29, *d*). În cazul întreruptoarelor mari, fiecare pereche de contacte se află în câte o cameră de stingere. Aceste întreruptoare se construiesc pentru curenţi nominali de până la 1 000 A (25, 63, 100, 200, 400, 630, 1 000 A).

Reprezentarea întreruptorului manual tip pârghie în schemele mono- şi multifilare este dată în figura 3.30.

Comutatoarele manuale cu pârghie au aceeaşi construcţie cu următoarea deosebire: contactele mobile *1* se pot roti la 180° şi intra în alte contacte fixe, desfăcând primul circuit şi închizând un altul. Sunt foarte des folosite pentru comutarea legăturilor motoarelor din stea în triunghi (fig. 3.31).

Întreruptoarele şi comutatoarele rotative se mai numesc şi pachet (fig. 3.32), deoarece acţionarea contactelor mobile se face prin rotaţia unui mâner.

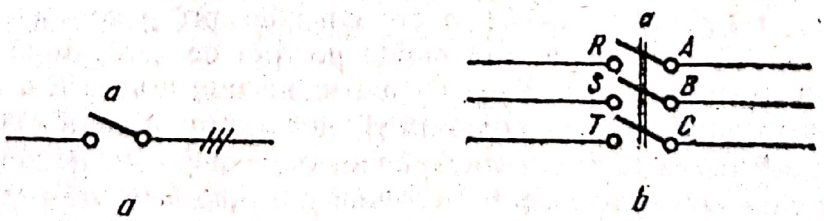


Fig. 3.30. **Reprezentarea în scheme a întreruptorului manual tripolar tip pârghie:**
a — monofilar; *b* — multifilar.

Scanned with OKEN Scanner

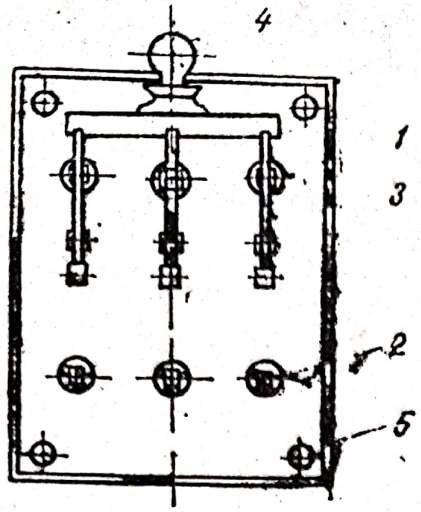


Fig. 3.31. Comutator manual tripolar cu pârghie:
1 — contactele fixe superioare; 2 — contactele fixe inferioare; *3* — contactele mobile; *4* — mâner de acţionare a contactelor mobile; *5* — suport izolator.

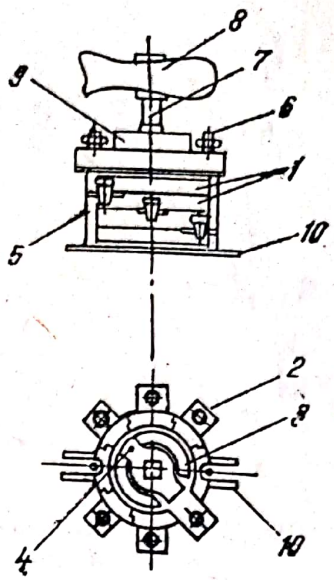


Fig. 3.32. **Întreruptor manual pachet (rotativ).**

Acestea sunt compuse din mai multe discuri fixe din bachelită *1*, aşezate unul peste altul — sub formă de pachet — şi strânse cu un jug *5* şi şuruburile *6*.

Discurile, în afară de primul, au pe ele contactele fixe *2*. Primul disc fără contacte are rolul unui capac izolator. În axul discurilor se află un arbore *7* de care este prins un tambur *3* pe care se află contactele mobile *4*. Contactele mobile pot fi de forma literelor I, L sau T. De arbore este fixat mânerul de acţionare *8* cu ajutorul arcului de armare *9*. Întreruptorul sau comutatorul se fixează în tabloul electric cu şuruburi trecute prin locaşurile *10*. Manevrând mânerul *8* prin rotaţie în acelaşi sens, contactele mobile pun în legătură sau desfac contactele fixe. La o acţionare contactele mobile se rotesc cu 90°. După patru acţionări se realizează din nou conexiunea iniţială. În figura 3.33 sunt prezentate câteva scheme electrice: pentru un întreruptor (fig. 3.33, *a*) şi pentru două comutatoare (fig. 3.33, *b* şi *c*). Întreruptorul are trei discuri, primul fără contacte, iar celelalte cu contactele fixe aşezate ca în figura 3.33, *a*. Contactele fixe sunt reprezentate prin cerculeţe plasate la periferia discurilor. Contactele mobile sunt în formă de I, încât în poziţia desenată sursa de tensiune $R-S$ (380 V) sau $R-O$ (220 V) nu este conectată la receptorul R_1. Conectarea se realizează după o rotaţie (contactele mobile sunt desenate punctat, pentru a se observa continuitatea electrică).

Comutatorul din figura 3.33, *b* are cinci discuri şi contactele mobile în formă de L. Poziţia desenată corespunde poziţiei de zero, după o rotaţie de 90° a mânerului, receptoarele R_1 şi R_2 sunt conectate la faza R a reţelei (nulul de lucru nu este trecut prin comutator), iar receptoarele R_3 şi R_4 nu sunt conectate; următoarea manevră corespunde tot unei poziţii de zero; toate cele patru receptoare sunt scoase de sub tensiune şi ultima manevră permite punerea sub tensiune a fazei S a receptoarelor R_3 şi R_4, R_1 şi R_2 fiind deconectate. Comutatorul din figura 3.33, *c* realizează comutarea legăturilor astfel că funcţionează pe rând câte unul din cele trei receptoare R_1, R_2, R_3.

Scanned with OKEN Scanner

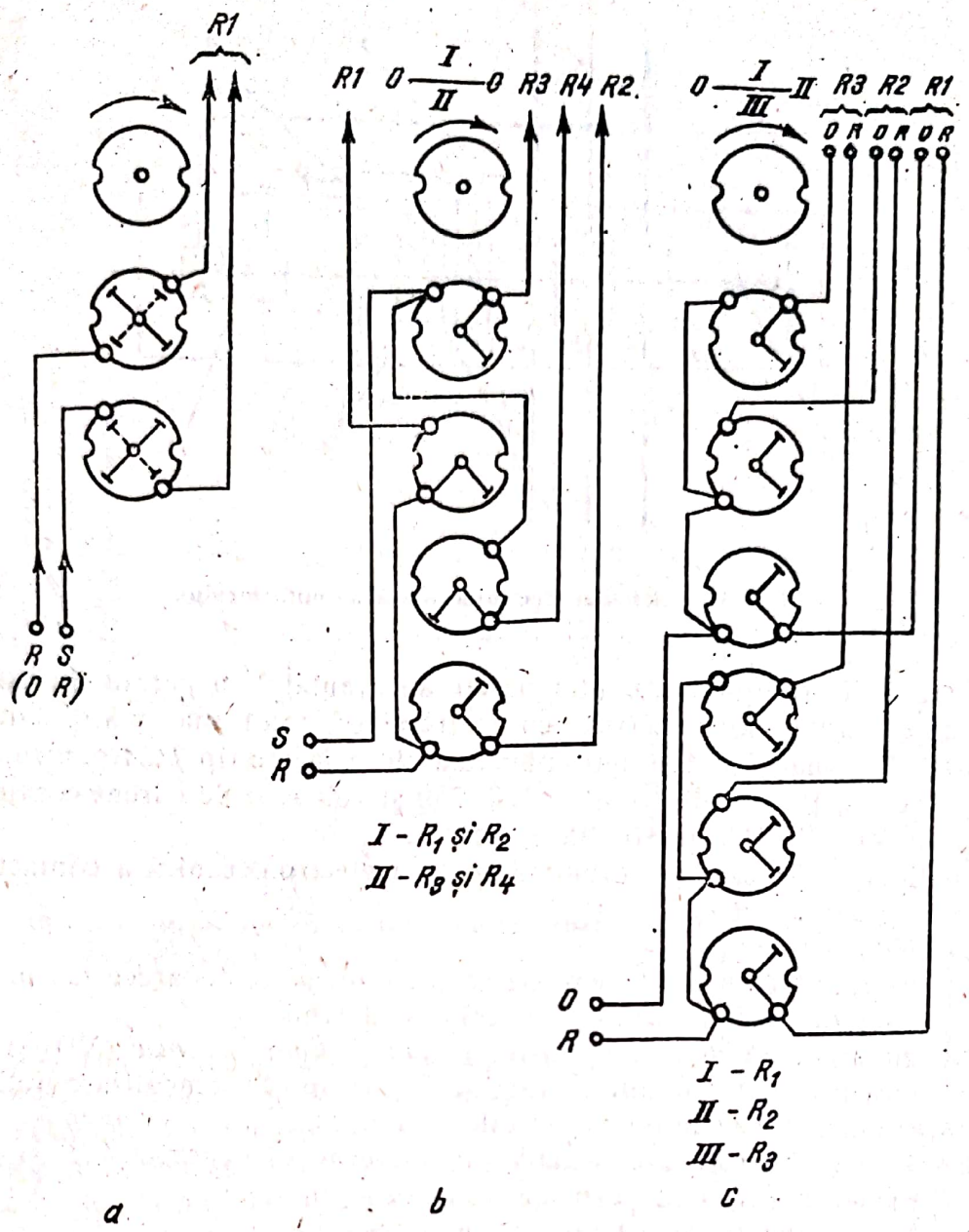


Fig. 3.33. **Scheme de întreruptoare şi comutatoare manuale tip pachet:**
a — întreruptor bipolar; *b* — comutator bipolar cu două direcţii; *c* — comutator bipolar cu trei direcţii; *R, S* — fazele reţelei; *0* — nulul reţelei; R_1, R_2, R_3, R_4 — receptoare monofazate.

Atât întreruptoarele pachet cât şi cele cu pârghie se pot monta aparent pe elementele de construcţie (în execuţie normală şi etanşă) şi în interiorul tablourilor electrice.

Contactoare şi ruptoare. Sunt aparate pentru închiderea şi deschiderea circuitelor electrice care acţionează prin comanda unui electromagnet numit *bobina contactorului (ruptorului)*. Contactorul în poziţie normală are contactele deschise, iar ruptorul are contactele închise. La acţionarea electromagnetului contractorul închide circuitul electric, iar ruptorul deschide circuitul. În rest nu sunt deosebiri importante între acestea.

Scanned with OKEN Scanner

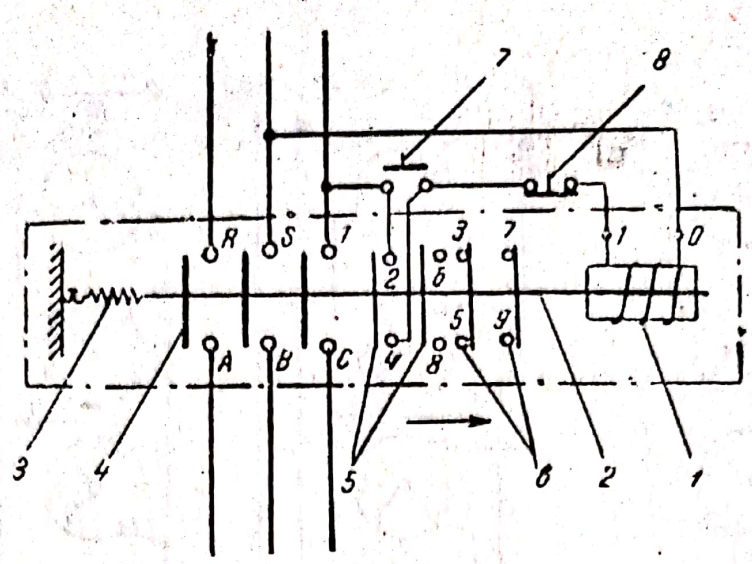


Fig. 3.34. **Schema electromecanică a contactorului.**

Faţă de întreruptoare, contactoarele au ayantajul că permit închiderea şi deschiderea circuitelor electrice cu o frecvenţă mult mai mare, fără a se deteriora. Cele mai folosite sunt contactoarele trifazate tip *TCA* pentru curenţi nominali de 6, 10, 32, 40, 63, 100, 160, 250 şi 400 A şi de curent continuu tip *BC* 60 de 60 A şi *MC* de 80, 100 şi 150 A.

În figura 3.34 este reprezentată schema electromecanică a contactorului. Acesta se compune din:

— *contactele fixe:*

R – A, *S – B* şi *T – C* numite *contacte principale*, deoarece fac parte din circuitul electric ce trebuie închis şi deschis;

2—4 şi *6—8* numite *contacte auxiliare normal deschise* (*ND*) şi pot să facă parte din circuite în care se află lămpi de semnalizare, relee, alte contactoare etc. Aceste circuite se numesc *circuite secundare;*

3—5 şi *7—9* numite contacte auxiliare normal închise (*NI*) şi de asemenea pot să facă parte din circuite secundare;

1 şi *0* sunt bornele bobinei contactorului;

— *contactele mobile 4, 5* şi *6* sunt sub formă de lamele şi se găsesc fixate pe *tija mobilă 2;*

— *bobina 1* care atunci când este parcursă de curent atrage tija mobilă *2* în sensul săgeţii, realizând închiderea contactelor principale şi a contactelor auxiliare normal deschise şi deschiderea contactelor auxiliare normal închise;

— *resortul 3* asigură forţa de rezistenţă şi aduce tija mobilă *2* în poziţia normală după încetarea curentului prin bobina *1*.

Funcţionarea contactorului este următoarea: se apasă pe butonul normal deschis *7* şi se stabileşte curentul electric prin circuitul secundar: faza *T*, butonul *7*, butonul *8* (închis), bobina *1*, faza *S*. Bobina *1* atrage tija mobilă *2*. Astfel se închid contactele *2—4*, *6—8* şi se deschid contactele *3—5*, *7—9*. Contactul normal deschis *2—4* este legat în paralel cu butonul *7* şi el permite menţinerea curentului în bobina *1* după ce butonul *7* nu mai este acţionat. De aceea acest contact este obligatoriu pentru un contactor şi se numeşte *contact de automenţinere*. Contactorul mai poate fi acţionat şi, direct, apăsând pe

Scanned with OKEN Scanner

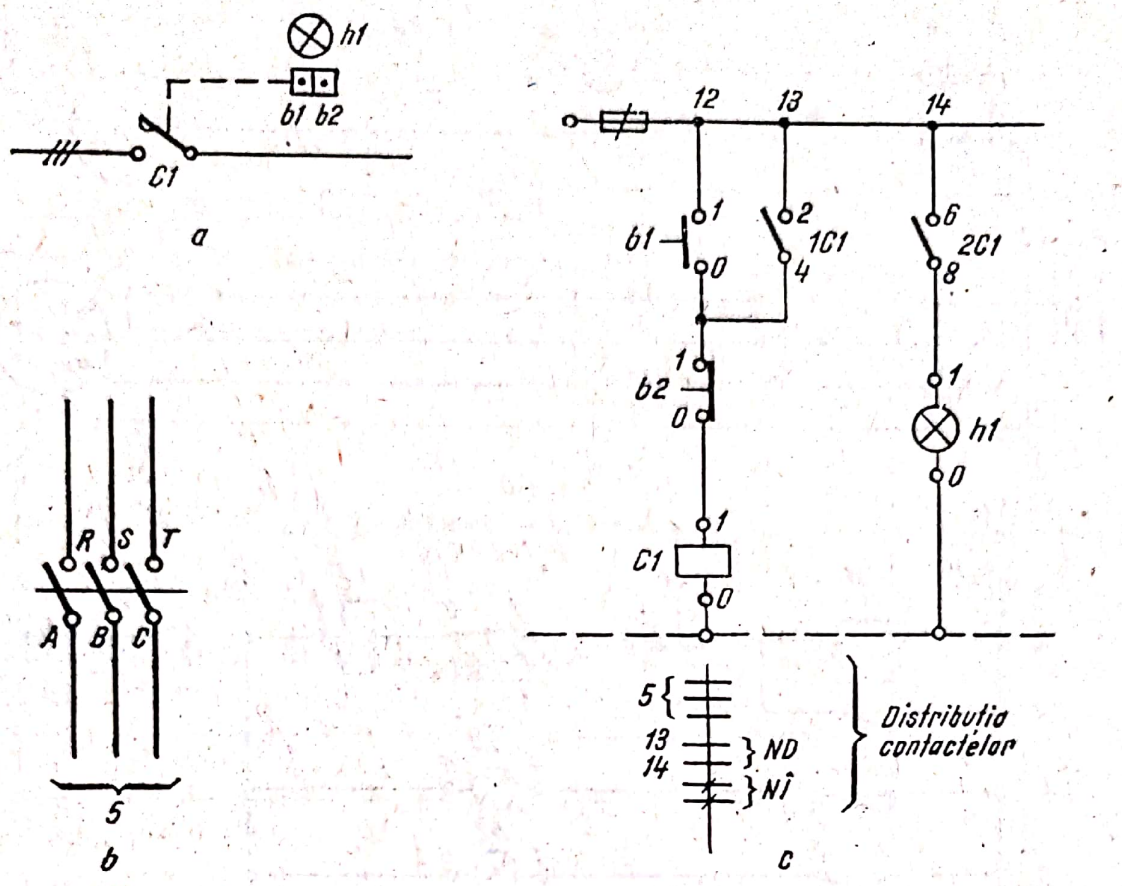


Fig. 3.35. **Reprezentarea contactorului în schemele de instalaţii electrice:** *a* — în schemele monofilare; *b* — în schemele circuitelor principale; *c* — în schemele circuitelor secundare.

resortul *3*. Tija *2* închide contactele amintite şi contactul de automenţinere, ceea ce face ca bobina *1* să fie parcursă de curent şi tija să rămână atrasă. Pentru deschiderea circuitului principal se apasă pe butonul *normal închis 8* şi curentul prin bobină se întrerupe, tija *2* este eliberată şi sub acţiunea resortului *3* revine în poziţia iniţială. Butonul *7* se numeşte şi *buton de pornire,* iar butonul *8, buton de oprire,* deoarece, prin acţionarea lor, receptorul aflat pe circuit porneşte şi respectiv se opreşte din funcţionare. În schemele de instalaţii electrice contactorul nu este reprezentat ca în figura 3.34. El poate fi reprezentat ca în figura 3.35, *a* în schemele monofilare şi ca în figurile 3.35, *b* şi *c* în schemele multifilare (pentru circuitele principale şi pentru circuitele secundare). Circuitele principale se desenează cu linie groasă, iar cele secundare cu linie subţire.

Contactoarele se pot monta în tablourile electrice sau, aparent, pe panourile electrice.

Pentru a comanda un contactor din mai multe puncte se vor monta mai multe butoane de pornire, toate în paralel şi mai multe butoane de oprire, toate în serie. Pe porţiunea dintre borna *0* a butonului de oprire b_2 şi borna *1* a bobinei contactorului C_1 (fig. 3.35) se pot monta *contactele normal închise* ale unor aparate care prin acţionare vor deschide circuitul liniei notate cu *12*, bobina contactorului putând fi scoasă din funcţiune. Aceste contacte pot fi ale unui releu termic (şi se asigură protecţia la supracurenţi de sarcină) sau ale

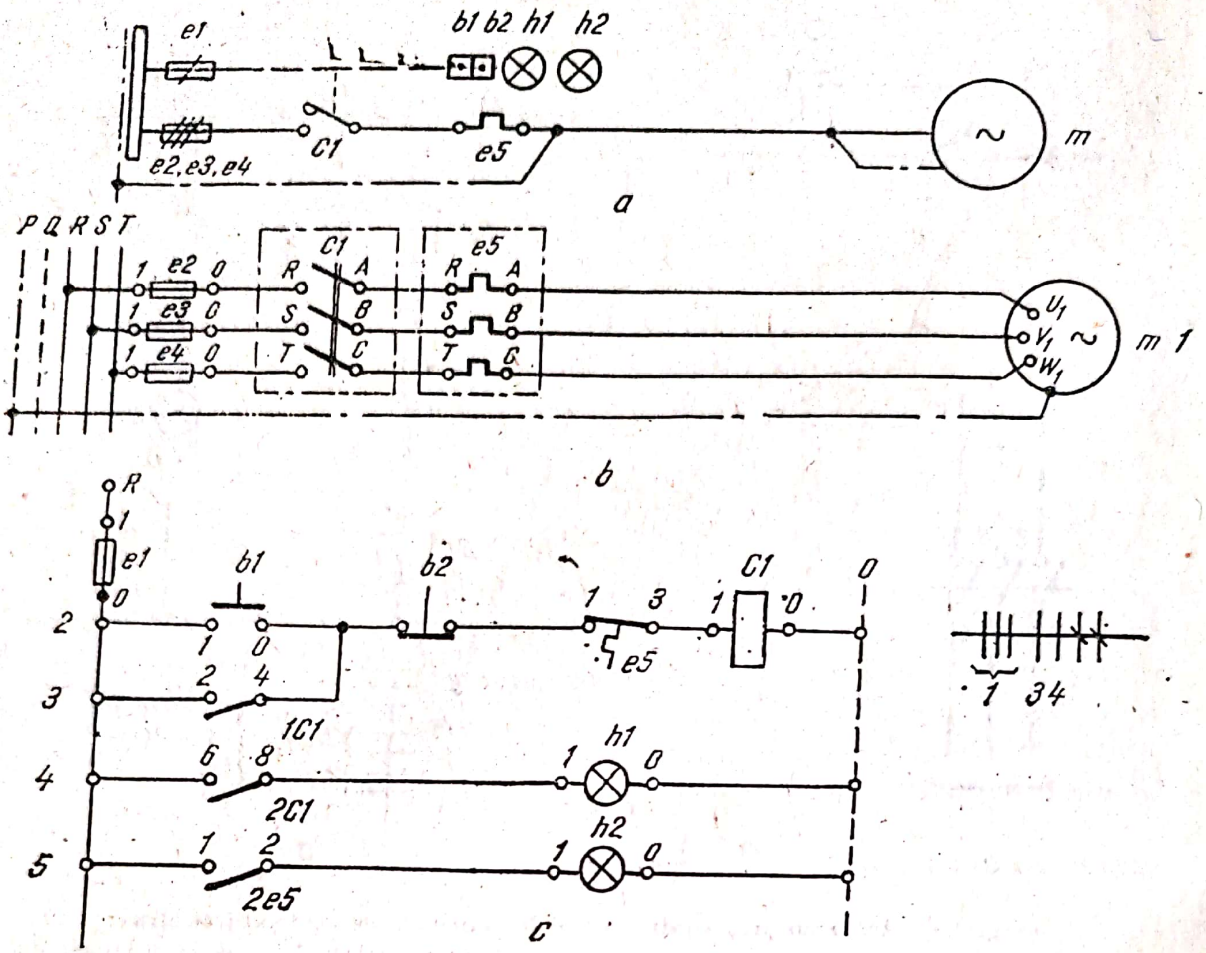


Fig. 3.36. **Reprezentarea în schemele electrice a contactorului şi releului termic:** *a* — în schemele monofilare; *b* — în schemele multifilare ale circuitelor principale; *c* — în schemele multifilare ale circuitelor secundare; *R, S, T* — fazele reţelei; *O* — nulul de lucru; *P* — nulul de protecţie.

altui releu sau contactor şi se asigură o corelare în funcţionarea diferitelor receptoare, schimbarea regimului de funcţionare a receptorului etc.

• **Contactoare cu relee termice.** Pentru acţionarea şi protecţia la supracurenţii de sarcină ai motoarelor se utilizează frecvent grupul *contactor — releu termic.* Protecţia la supracurenţi de scurtcircuit se realizează în aceste cazuri cu siguranţe fuzibile. Schemele electrice mono- şi multifilare sunt date în figura 3.36.

• **Întreruptoare automate.** Un întreruptor automat este compus dintr-un contactor, un bloc de relee termice şi un bloc de relee electromagnetice asamblate într-un singur aparat şi îndeplineşte rolul fiecăruia dintre componente. Se execută întreruptoare automate tip siguranţă *(siguranţe automate)* până la 25 A pentru instalaţii de lumină şi prize. Se execută *cu filet* pentru a fi montate în soclul siguranţelor *LF* sau *LFi* şi *fără filet* pentru montaj în tablourile electrice.

Schemele electrice pentru întreruptoarele automate de putere mare sunt date în figura 3.37. Dacă curenţii principali sunt foarte mari, releele termice *RT* şi electromagnetice *REM* sunt legate prin intermediul unor transformatoare de curent ca în figura 3.38.

Scanned with OKEN Scanner

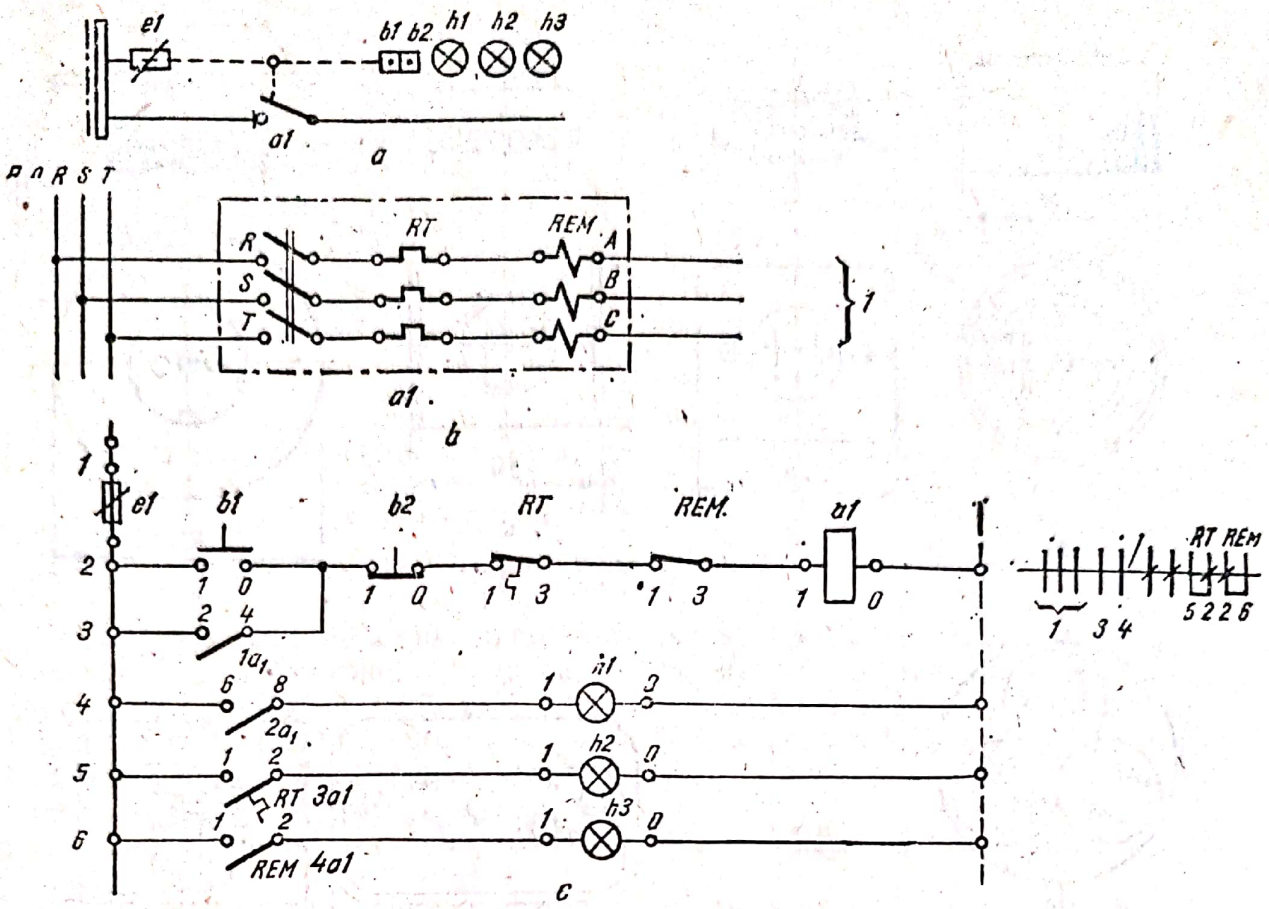


Fig. 3.37. **Reprezentarea în schemele electrice a întreruptorului automat:** *a* — în schemele monofilare; *b* — în schemele multifilare ale circuitelor principale; *c* — în schemele multifiliare ale circuitelor secundare.

b. Separatoare

Sunt aparate ce au rolul de a deschide şi închide circuitele electrice aflate sub tensiune, dar care nu sunt parcurse de curent. Au aceeaşi construcţie cu a întreruptoarelor pârghie cu deosebirea că nu trebuie să asigure stingerea arcului electric. Separatoarele se montează întotdeauna în faţa (în sensul distribuţiei energiei) întreruptoarele automate (fig. 3.39). Acestea se deschid după întreruperea realizată de automat. La închiderea circuitului se închide întâi separatorul şi apoi întreruptorul automat.

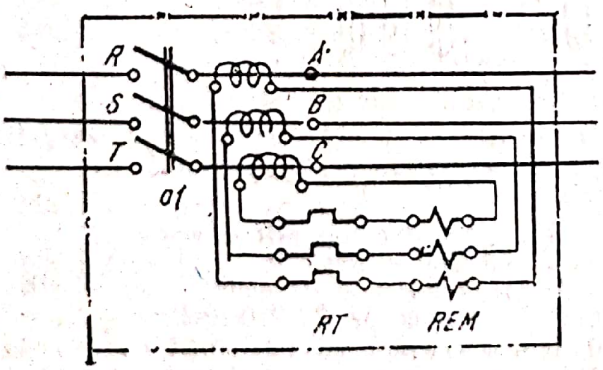


Fig. 3.38. **Schema de legare a releelor termice (*RT*) şi electromagnetice (*REM*) prin transformator de curent**

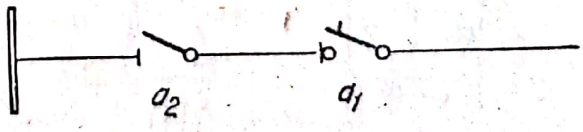


Fig. 3.39. **Schema de legare a unui separator a_2 cu un întreruptor automat a_1**

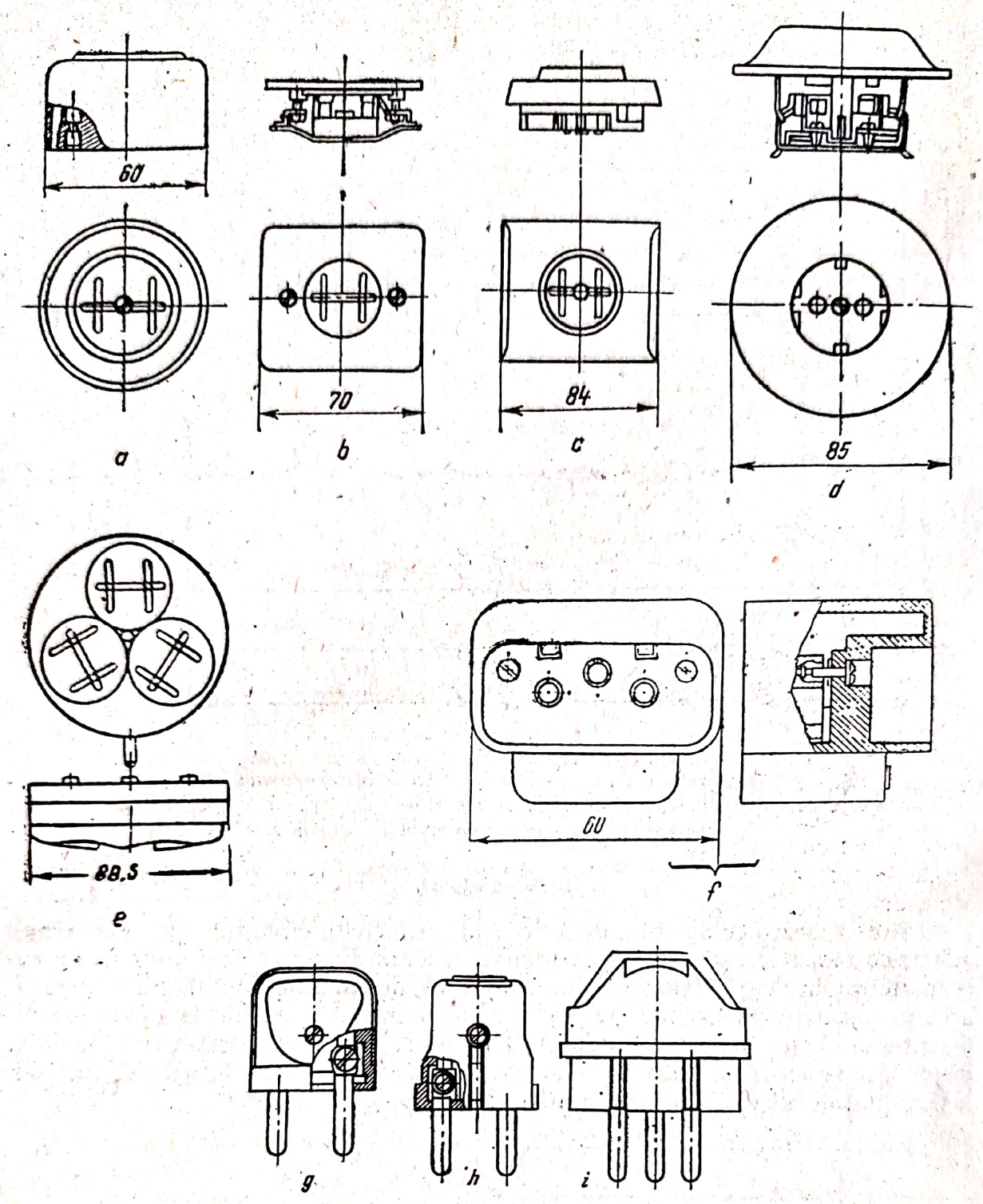


Fig. 3.40. **Tipuri de prize şi fişe:**
a — priză bipolară aparentă; *b* — priză bipolară în tencuială pentru conducte în tub de protecţie; *c* — priză bipolară în tencuială pentru INTENC; *d* — priză bipolară în tencuială cu contact de protecţie; *e* — priză bipolară multiplă portabilă; *f* — priză tripolară aparentă; *g* — fişă bipolară; *h* — fişă bipolară cu contact de protecţie; *i* — fişă tripolară cu contact de protecţie; *j* — priză şi fişă tripolară în carcasă etanşă metalică.

Scanned with OKEN Scanner

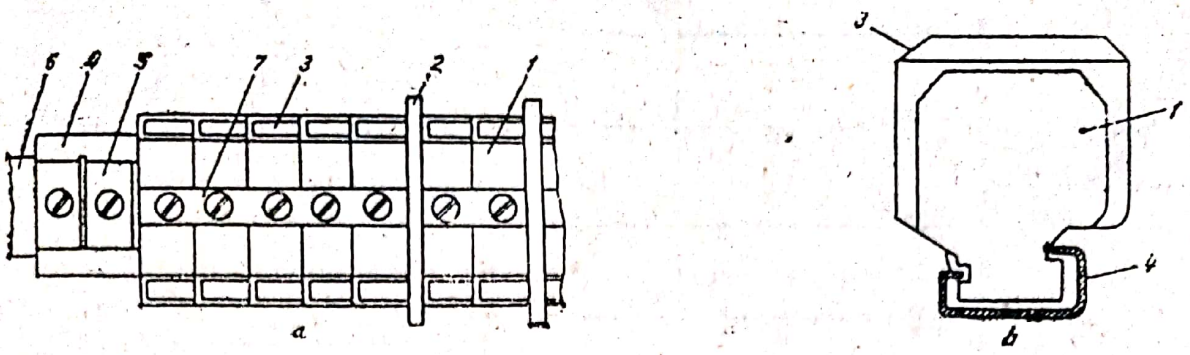


Fig. 3.41. **Cleme şir până la 100 A:**
a — montarea unui şir de cleme; *b* — cleme de legătură:
1 — clemă; *2* — perete despărţitor; *3* — etichetă; *4* — şină de fixare; *5* — opritor; *6* — bară de fixare; *7* — montaj scurtcircuitare.

5. ALTE APARATE FRECVENT UTILIZATE ÎN INSTALAŢII ELECTRICE

• **Prize electrice.** Sunt aparate care permit *legarea* la reţeaua electrică a unor receptoare portabile. Priza se află în legătură cu reţeaua eletrică, iar receptorul se leagă la priză prin intermediul unei *fişe* care se află la capătul cordonului de legătură. Prizele şi fişele (fig. 3.40) se execută de regulă din bachelită într-o gamă foarte variată, pentru a oferi condiţii de legare a receptoarelor portabile aproape în orice loc.

Simbolurile utilizate pentru prizele din instalaţii electrice sunt date în tabelul 1.1.

• **Conectoarele (clemele)** asigură legăturile electrice în interiorul tabloului electric (fig. 3.41). Indiferent de mărimea lor ele se fixează de o şină specială de profil *C* cu braţe inegale (fig. 3.41-*b*). Aceasta, la rândul ei, se fixează prin sudare sau cu şuruburi de o bară de susţinere. Clemele sunt aşezate în şir. Pot avea dispozitive de scurtcircuitare între două sau mai multe cleme. Pachetul de cleme este strâns la capete cu nişte piese speciale, numite *opritori.* Fiecare clemă este prevăzută cu etichete pe care se înscriu denumirile legăturilor electrice. Acestea asigură legătura între aparatele electrice din tablou şi circuitele electrice (exterioare) corespunzătoare.

B. TABLOURI ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

Tablourile electrice sunt părţi ale instalaţiei electrice cu rol în distribuţia energiei electrice şi în care se găsesc montate aparatele de acţionare şi protecţie a circuitelor şi receptoarelor electrice.

Clasificarea tablourilor electrice este următoarea:

— **după rolul în distribuţia energiei electrice** tablourile electrice pot fi *cofrete, tablouri generale (TG), tablouri principale* şi *tablouri secundare;*

— **după natura receptoarelor alimentate** tablourile electrice pot fi de *lumină* şi *prize, de forţă, de lumină şi forţă, de curenţi slabi;*

— **după felul reţelei** tablourile electrice pot fi de *curent alternativ şi de curent continuu;*

— **după protecţia faţă de mediu** tablourile electrice pot fi *deschise* (neprotejate la lovituri mecanice, umezeală, praf etc.), *închise* (protejate numai la lovituri mecanice) şi *închise capsulate* (protejate suplimentar la praf şi acţiunea picăturilor de ploaie);

— **după materialul utilizat** tablourile electrice pot fi *pe marmură* şi *pe stelaj metalic.* Cele mai utilizate sunt tablourile închise pe stelaje metalice.

Scanned with OKEN Scanner

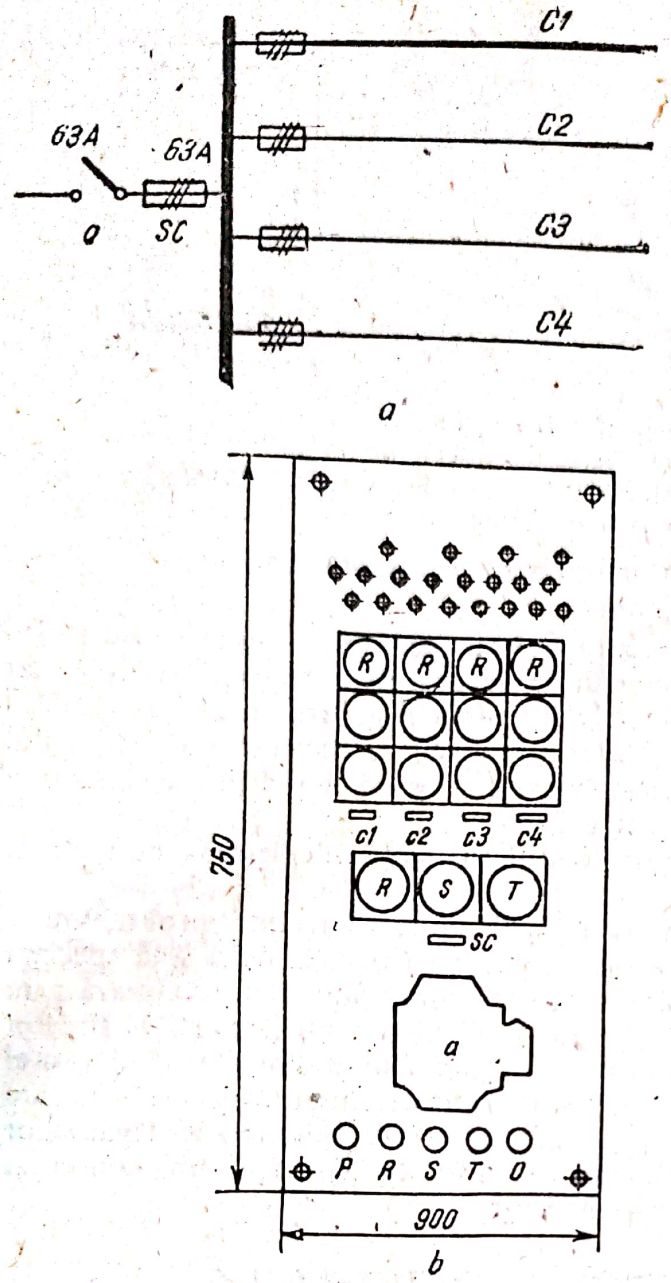


Fig. 3.42. **Tablou electric pe placă de marmură:**
a — schema de distribuţie; *b* — vedere din faţă cu amplasarea aparatelor; *c* — vedere din spate cu legăturile electrice.

Acestea se execută închise *în nişe, cutii metalice* sau *dulapuri metalice* atât pentru lumină cât şi forţă.

• **Tablourile pe suport de marmură** nu se mai execută. Ele pot fi întâlnite în construcţii mai vechi. Aparatele electrice sunt fixate prin şuruburi în placa de marmură. Legăturile între aparate se execută pe faţa nevăzută a plăcii, iar legăturile la coloana electrică şi la circuitele către receptoare se fac prin intermediul unor piese, numite *borne,* ce au acelaşi rol cu al conectoarelor (fig. 3.42). Aceste tablouri se montează aparent pe perete. Mai rar se introduc în cutii de lemn.

• **Tablourile pe stelaj metalic** sunt cel mai des folosite. Se execută dintr-o ramă metalică, din cornier simplu sau cornier electrotehnic. Aparatele electrice se prind de stelaj prin intermediul unor benzi metalice (simple sau profilate), de dimensiuni corespunzătoare aparatelor. Pentru uşurinţa montajului şi a executării legăturilor electrice, pe aceeaşi bandă se plasează aparate de acelaşi fel sau de dimensiuni apropiate. Astfel, siguranţele fiecărei faze se montează de regulă pe aceeaşi bandă orizontală (fig. 3.43) prin prinderi în şuruburi. La fel

Scanned with OKEN Scanner

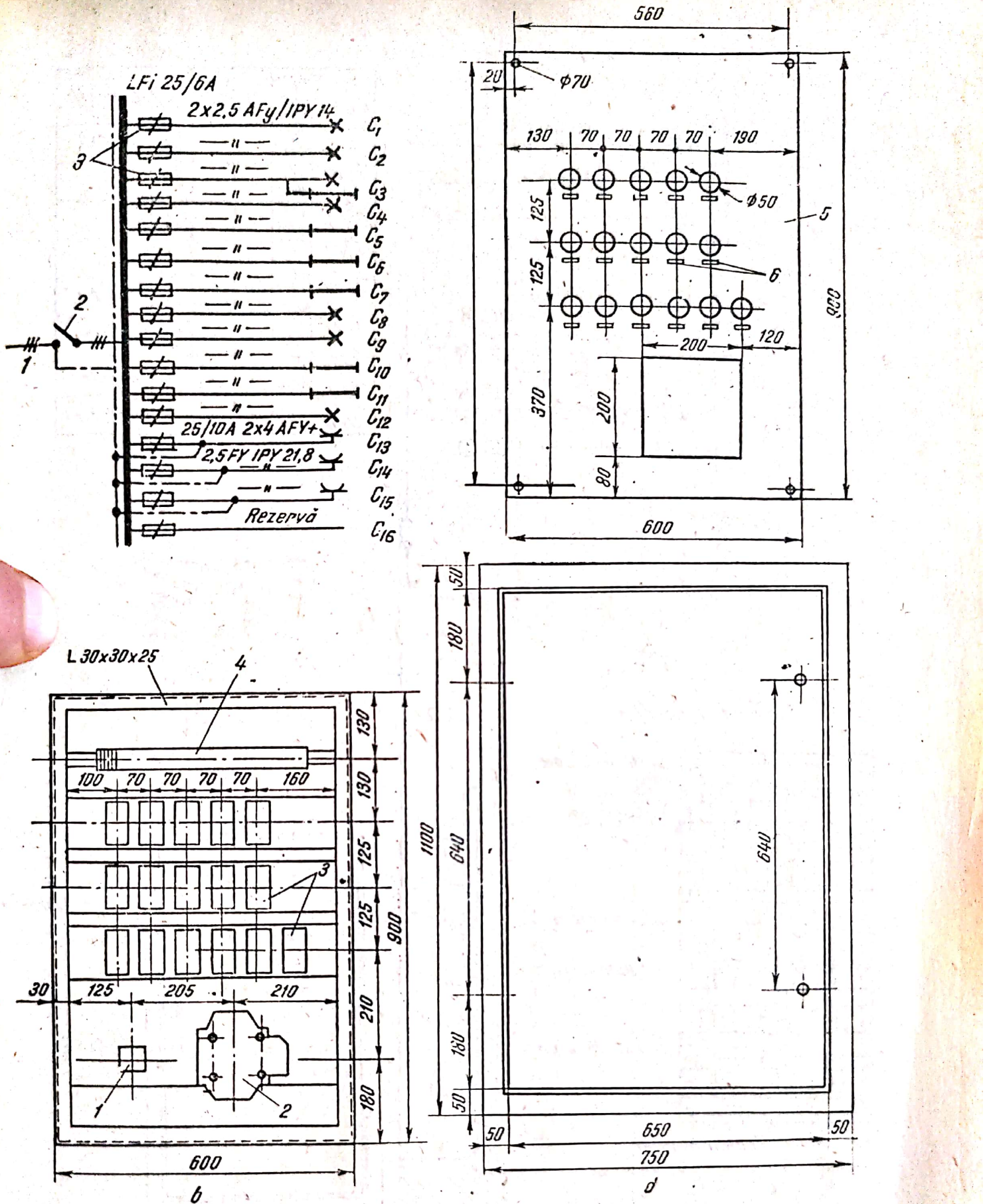
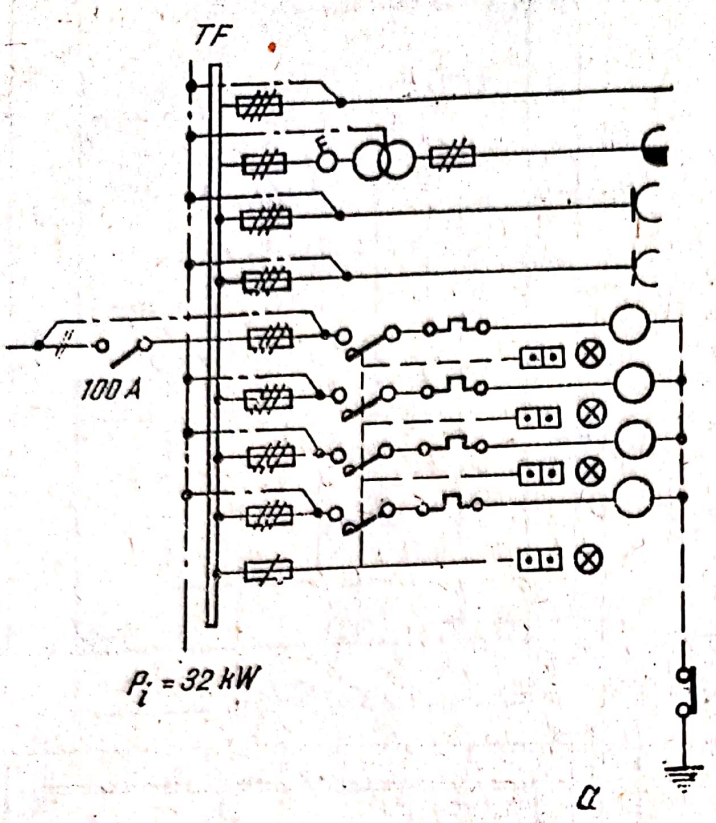


Fig. 3.43. **Tablou electric pentru lumină pe stelaj în cutie:**
a — schema de distribuţie; *b* — stelajul; *c* — masca din PVC peste aparate; *d* — faţa cutiei; *1* — cleme de intrare; *2* — întreruptor; *3* — siguranţe fuzibile; *4* — cleme de ieşire; *5* — placă din PVC; *6* — etichete.

Scanned with OKEN Scanner



Conducte	Siguranțe	RT	Contactor	Pi kW	Destinație
	LFi 63/	—	—	1,9	Rezervă
ACYY 4×4	LFi 25/6A	—	—	0,1	
ACYY 4×4	LFi 25/10	—	—	3	
ACYY 4×4	LFi 25/20	—	—	8	
ACYY 4×6	LFi 63/35	TSA 30P	TCA 32A	5,5	Ventilator 1
ACYY 4×6	-"-	-"-	-"-	5,5	Ventilator 2
ACYY 4×4	LFi 25/25	TSA 30P	TCA 32A	4	Ventilator 3
ACYY 4×4	-"-	-"-	-"-	4	Ventilator 4

a

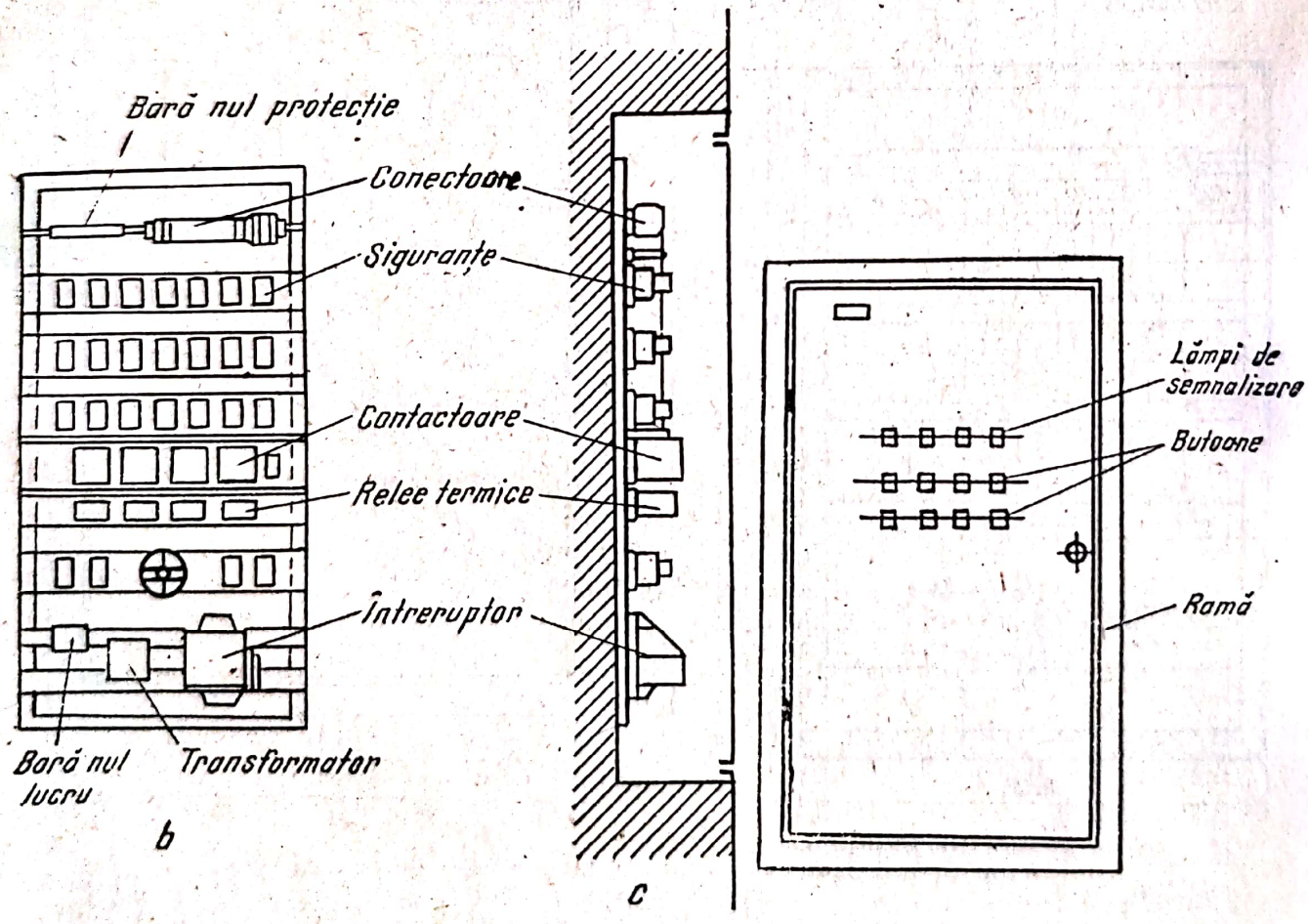


Fig. 3.44. **Tablou electric pentru forță, pe stelaj metalic în nișă:**
a — schema de distribuție: *b* — stelajul; *c* — masca din PVC peste aparate; *d* — fața cutiei.

Scanned with OKEN Scanner

se procedează cu contactoarele, releele termice, şirul de cleme etc. (fig. 3.44). Aparatele electrice din tablou sunt legate între ele aşa cum se indică în schema electrică a tabloului. Stelajul se poate monta:

— direct pe suporţi, pe perete sau pe o fundaţie. Accesul la tablou este îngrădit printr-o plasă de sârmă;

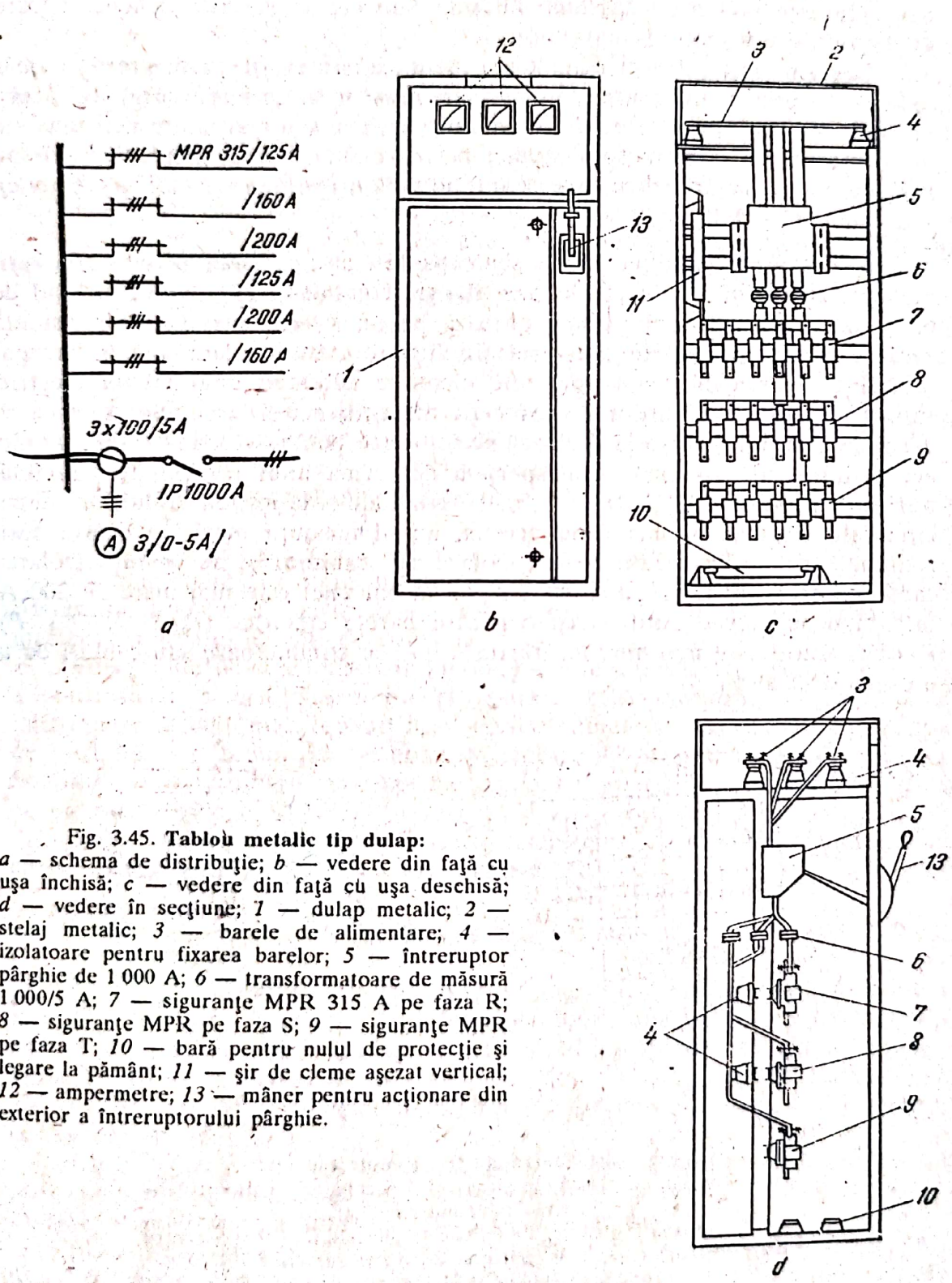


Fig. 3.45. **Tablou metalic tip dulap:**
a — schema de distribuţie; *b* — vedere din faţă cu uşa închisă; *c* — vedere din faţă cu uşa deschisă; *d* — vedere în secţiune; *1* — dulap metalic; *2* — stelaj metalic; *3* — barele de alimentare; *4* — izolatoare pentru fixarea barelor; *5* — întreruptor pârghie de 1 000 A; *6* — transformatoare de măsură 1 000/5 A; *7* — siguranţe MPR 315 A pe faza R; *8* — siguranţe MPR pe faza S; *9* — siguranţe MPR pe faza T; *10* — bară pentru nulul de protecţie şi legare la pământ; *11* — şir de cleme aşezat vertical; *12* — ampermetre; *13* — mâner pentru acţionare din exterior a întreruptorului pârghie.

— într-o nişă în perete, acoperită cu o uşă metalică;

— într-o cutie metalică montată pe perete sau pe suporţii încastraţi într-o fundaţie.

Pe uşa nişei sau a cutiei metalice se amplasează aparatele de semnalizare, de măsură şi butoanele de acţionare, astfel încât acestea să poată fi observate sau acţionate fără a se deschide tabloul. Sub ele se găsesc etichete pe care sunt înscrise destinaţiile aparatelor.

În cazul tablourilor principale şi generale aparatele electrice sunt în număr mare şi au dimensiuni mari (datorită curenţilor mari ce le parcurg). De aceea stelajul este introdus într-un dulap metalic (cu una sau mai multe uşi) sau este lăsat aparent pe o fundaţie şi numai partea din faţă se acoperă cu unul sau mai multe panouri metalice. Aceste ultime tablouri se numesc *tablouri tip dulap* sau *panou* (fig. 3.45).

● **Tablourile metalice etanşe** sau **capsulate** au aparatele introduse în cutii metalice ce se îmbină între ele prin flanşe şi garnituri (fig. 3.46). Grupul de cutii care formează tabloul se montează pe un schelet metalic de rezistenţă care se fixează pe perete sau direct în fundaţie. Cutiile fabricate în prezent permit echiparea cu toate aparatele electrice necesare unui tablou electric. Intrarea şi ieşirea tuburilor de protecţie ale coloanei şi circuitelor se face cu piese de etanşare (presetupe). Dacă se foloseşte pentru coloană cablul, atunci acesta intră într-o primă cutie specială de forma unui trunchi de piramidă, numită *cutie terminală*. Se folosesc cutii terminale şi la ieşirea cablurilor pentru circuitele electrice atunci când acestea au dimensiuni mari. În aceste cutii terminale se desfac straturile de izolaţii ale cablului şi se asigură izolarea capătului cablului. Dacă curentul nominal al coloanei este mai mare de 200 A, în tablou se prevăd cutii speciale pentru barele electrice (*R, S, T, O* şi *P*). Dacă curentul este mai mic, legăturile se fac cu conductoare sau cabluri de la un aparat la altul.

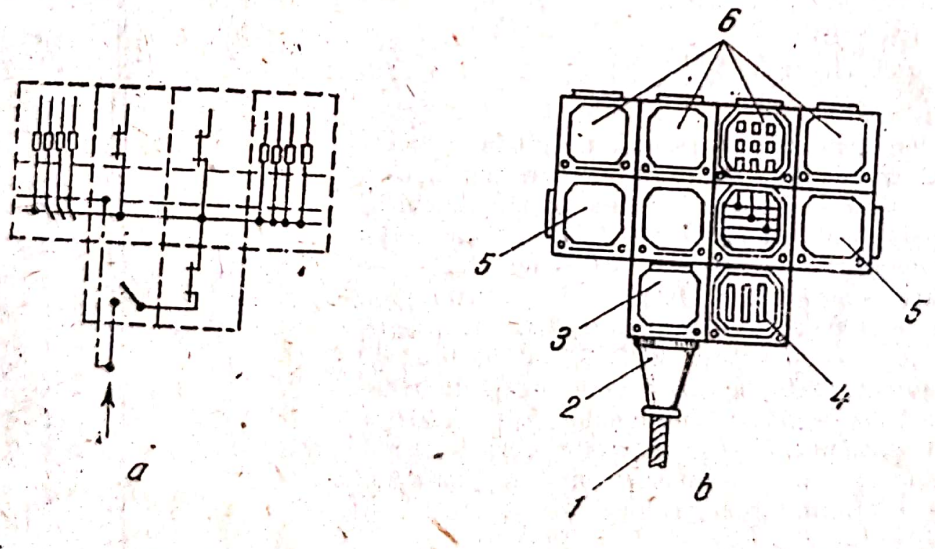


Fig. 3.46. **Tablou electric metalic capsulat:**
a — schema de distribuţie şi modul de echipare a cutiilor; *b* — vederea tabloului din faţă;
1 — coloană din cablu; *2* — cutie terminală; *3* — cutie pentru întreruptor; *4* — cutie pentru siguranţele generale MPR; *5* — cutii pentru bare; *6* — cutii cu aparate.

Scanned with OKEN Scanner

C. EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA APARATELOR DE MĂSURAT ŞI CONTROL DIN TABLOURILE ELECTRICE ŞI ALTE ECHIPAMENTE

1. GENERALITĂŢI

Tablourile electrice de distribuţie, în funcţie de complexitatea lor, conţin în principiu echipamente de comutaţie (întreruptoare, contactoare, comutatoare), de protecţie (siguranţe, relee), aparate de măsurat şi control, cleme, conductoare de legătură, elemente de încălzire şi iluminat.

Prin regulamentul de exploatare tehnică a instalaţiilor, personalul de exploatare este obligat să execute periodic controlul asupra:

— etanşeităţii dulapurilor sau tablourilor electrice pe care sunt montate aparate şi a curăţeniei lor;

— instalaţiei de legare la pământ;

— existenţei ramei protectoare;

— stării conductoarelor de conexiuni şi a strângerii lor în şirurile de cleme şi la aparate şi echipamente;

— poziţiei corecte a dispozitivelor de deconectare şi a comutatoarelor, lămurind abaterile existente faţă de schema normală;

— condiţiilor existente de microclimat;

— existenţei inscripţionării circuitelor şi corecta reglare a aparatelor de protecţie;

— funcţionării corecte a aparatelor de măsurat;

— funcţionării în regim normal (la parametrii prescrişi) a aparatelor de comutaţie, precum şi starea contactelor, existenţa unor vibraţii pronunţate, încălziri anormale, blocări de contacte.

Întreprinderile consumatoare au obligaţia de a ţine un registru de evidenţă a stării fizice a echipamentelor şi aparatelor de măsurat, în care să se menţioneze defecţiunile, reparaţiile şi verificările efectuate. Calitatea lucrărilor de întreţinere şi reparaţie ale acestora trebuie să asigure un grad ridicat de fiabilitate în funcţionare, cu respectarea, pentru aparatele de măsurat, a clasei de precizie iniţiale.

Personalul ce efectuează reparaţia aparatelor de măsurat trebuie să fie autorizat de organele de stat pentru metrologie.

2. LUCRĂRI DE REETALONARE

În cazul transformării aparatelor de măsurat, este necesar să fie confecţionată o nouă scară, adică să se reetaloneze aparatul. În acest scop, se execută un montaj ca cel din figura 3.47. Aparatul etalon trebuie să aibă, cel puţin, valori ale limitelor de măsurare mai mari decât cel pentru care trebuie etalonat aparatul şi să aparţină unei clase de precizie mai bune decât aparatul ce trebuie etalonat.

Sursa se alege în funcţie de valoarea şi felul curentului; reostatul sau potenţiometrul trebuie să asigure o variaţie lină a curentului sau tensiunii, în limitele întregii scări a aparatului ce trebuie etalonat.

Înainte de a începe etalonarea, pe scara veche a aparatului se lipeşte o foaie de hârtie albă, pe care se trasează cu tuş un arc de cerc, având aceeaşi

Scanned with OKEN Scanner

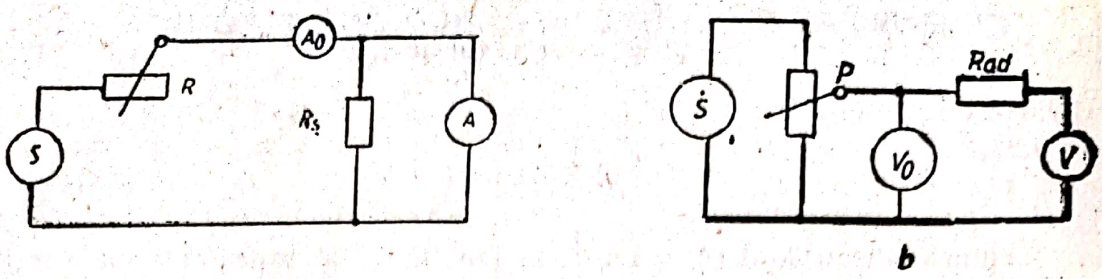


Fig. 3.47. Montaje de etalonare:
a — pentru ampermetru (A_0 — ampermetru etalon; A — ampermetru de reetalonat; $R_ş$ — sunt în cazul în care aparatul îl conţine; R — reostat; S — sursă); b — pentru voltmetru (V_0 — voltmetru etalon; V — voltmetru de reetalonat; R_{ad} — rezistenţă adiţională; P — potenţiometru; S — sursă).

rază şi aceeaşi lungime ca şi scara veche. După ce se verifică dacă în absenţa curentului electric acele indicatoare ale ambelor aparate (etalon şi cel de reetalonat) se găsesc chiar la începutul scărilor (în dreptul poziţiei zero), se închide circuitul. După indicaţiile aparatului etalon, cu ajutorul reostatului (potenţiometrului) se reglează curentul (respectiv tensiunea) pentru acele valori pentru care este necesar să existe *n* diviziuni pe scara aparatului ce urmează a fi reetalonat. Locurile în dreptul cărora se opreşte vârful acului indicator al aparatului de etalonat se înseamnă cu creionul. După aceasta, scara cu punctele trasate se scoate din aparat şi se caută centrul cercului din care face parte arcul trasat. În punctul găsit se înfige un ac de gămălie, pe care se sprijină marginea unei rigle, cu ajutorul căreia se duc linii prin punctele notate pe scară, marcându-se diviziunile prin valorile corespunzătoare mărimii de măsurat.

3. PROTECŢIA APARATELOR DE MĂSURAT ÎMPOTRIVA SITUAŢIILOR CARE LE-AR PUTEA DEREGLA SAU DETERIORA

În exploatare, este necesar ca aparatele de măsurat să funcţioneze în condiţiile şi la parametrii la care au fost omologate şi pentru valorile pe care constructorul le garantează o perioadă îndelungată. În caz contrar, măsurile indicate sau înregistrate se abat mult de la valorile adevărate (se consideră că aparatul nu mai lucrează în clasa de precizie pentru care a fost construit), sau, în situaţia depăşirii valorilor admisibile, aparatele pot fi deteriorate.

Prescripţiile din diverse ţări relativ la condiţiile pe care trebuie să le satisfacă aparatele de măsurat prevăd anumite încercări de rezistenţă la supraîncărcări şi la şocuri de curent. Astfel, se cere ca circuitul de curent al aparatelor de măsurat să suporte timp de două ore o încărcare de 120 din valoarea nominală a curentului, iar după răcire la temperatura normală erorile aparatului nu trebuie să depăşească pe cele ale clasei de precizie a aparatului. De asemenea, ampermetrele şi circuitele de curent ale wattmetrelor şi contoarelor trebuie să suporte, fără a prezenta deteriorări mecanice, nouă şocuri de curent de zece ori mai mari decât cel normal, de durată 0,5 s şi la intervale de un minut şi un şoc de curent de aceeaşi mărime, cu o durată de 1 s.

Pentru aparatele de măsurat montate pe secundarul transformatorului de curent, aparatul este protejat de acesta împotriva solicitărilor mecanice şi termice.

Scanned with OKEN Scanner

Trebuie menţionat însă că, în cazul când transformatoarelor de curent, aflate sub sarcină pe primar, li se lasă secundarul deschis (de ex: prin scoaterea unui ampermetru, sau în general a unei bobine de curent din circuitul de măsurare), acestea pot fi deteriorate. Explicaţia este următoarea: câmpul magnetic din circuitul primar dă naştere unor inducţii de 1,5—2T, ceea ce are ca urmare o încălzire exagerată a miezului de fier. De asemenea, în secundar (în funcţionare normală el este „în scurtcircuit"), fiind deschis, pot apărea tensiuni periculoase (100—2 500 V), punând în pericol izolaţia transformatorului şi putând conduce la electrocutarea persoanei care ar atinge bornele secundare. De aici rezultă următoarea regulă ce trebuie respectată, când se înlocuieşte un aparat de măsurat de curent (sau bobina de curent a aparatelor de măsurat ale altor aparate electrice), montat pe secundarul transformatorului de curent aflat sub sarcină pe primar: *se şuntează mai întâi conductoarele de legătură, de la bornele aparatului, apoi se demontează şi se scoate din circuit aparatul respectiv.* În cazul când se remontează un alt aparat, se fac mai întâi legăturile la bornele aparatului şi apoi se desface şuntul.

Încă din faţa de proiectare, când se aleg aparatele de măsurat, se verifică atât pentru funcţionarea în condiţiile normale de exploatare ale instalaţiei electrice respective, cât şi pentru un regim de scurtcircuit (v. subcap. 5 E).

În circuitele primare ale instalaţiilor electrice industriale, unde există curenţi de ordinul miilor de amperi, datorită câmpului magnetic ridicat, creat de aceştia, trebuie să fie luate măsuri speciale (ecranare multiplă, sau alte măsuri asemănătoare). Această influenţă poate da diferenţe de indicaţii până la 10%, pentru un câmp magnetic de 5 Oe.

Intensitatea câmpului magnetic produs de un curent I [A] ce parcurge un conductor infinit, la distanţa r (cm) de acesta se determină cu relaţia:

$$H = \frac{2I}{10_r} [Oe] \qquad (3.11)$$

O altă situaţie care conduce la o proastă funcţionare a aparatelor de măsurat este ridicarea temperaturii mediului ambiant peste limitele prevăzute de constructorul de aparate. Efectele negative ale creşterii temperaturii peste aceste limite admisibile sunt:

— rezistenţa înfăşurărilor de cupru creşte cu 4%, pentru fiecare 10°C;

— elasticitatea arcurilor spirale scade cu aproximativ 0,2%, pentru intervale de 10°C;

— câmpul magnetic produs de magneţii permanenţi scade cu 2—3%, pentru intervale de 10°C.

Toate acestea conduc la creşterea abaterilor măsurărilor parametrilor din circuitele instalaţiilor respective. De aceea, se izolează termic zona, sau se evită montarea aparatelor în mediul cu temperaturi ridicate.

4. ADAPTAREA APARATELOR DE MĂSURAT ÎN FUNCŢIE DE NECESITĂŢILE SCHEMEI ELECTRICE

Dacă valorile de curent şi/sau de tensiune din circuitele primare ale instalaţiilor electrice industriale depăşesc valorile nominale înscrise pe aparatele de măsurat, atunci se procedează astfel:

Scanned with OKEN Scanner

• La **voltmetrele magnetoelectrice** (de curent continuu) extinderea intervalului de măsurare se poate face printr-o rezistenţă adiţională de valoare mare, care se montează în serie cu aparatul şi care se dimensionează după relaţia:

$$r_{ad} = r_a\,(n-1), \tag{3.12}$$

în care:

r_a este rezistenţa electrică a aparatului [Ω];

n — coeficientul de multiplicare (indică de câte ori tensiunea de măsurat este mai mare decât tensiunea nominală);

r_{ad} — rezistenţa adiţională [Ω].

Exemplu. Un voltmetru are $r_a = 100\ \Omega$ şi $U_n = 10$ V. Să se determine rezistenţa adiţională, pentru a putea măsura o tensiune de 1 000 V.

Aplicând relaţia 3.12 se obţine:

$$r_{ad} = 100\ (100-1) = 9\,900\ \Omega.$$

Dacă nu se cunoaşte valoarea rezistenţei aparatului, atunci se utilizează „rezistenţa în Ω/V" (K_{sp}), mărime indicată pe cadranul aparatului.

În acest caz, valoarea rezistenţei adiţionale se calculează astfel:

$$r_{ad} = K_{sp}U, \tag{3.13}$$

în care: U este tensiunea pentru care se extinde scara.

În relaţia 3.13 s-a neglijat r_a, care este mică în raport cu r_{ad} (v. exemplul de mai sus).

Exemplu. Voltmetrul are $K_{sp} = 1\,000\ \Omega/V$. Pentru extinderea scării de măsurare cu 10 V este necesară o rezistenţă adiţională de:

$$1\,000 \cdot 10\ \text{V} = 10\ \text{k}\Omega.$$

• La **ampermetrele magnetoelectrice** (de curent continuu) extinderea scării de măsurare se face prin montarea în paralel (derivaţie) cu ampermetrul a unei rezistenţe electrice, denumită *şunt* (provine de la denumirea englezească *shunt* = derivaţie).

Determinarea valorii acestei rezistenţe se face cu ajutorul relaţiei:

$$r_s = \frac{r_a}{n-1}, \tag{3.14}$$

în care:

r_s este rezistenţa şuntului [Ω];

r_a — rezistenţa aparatului [Ω];

n — coeficientul de multiplicare a curentului pentru extinderea scării, în raport cu valoarea curentului nominal.

Exemplu. Un ampermetru magnetoelectric are valorile $I_n = 5$ mA şi $r = 80\ \Omega$. Care este r pentru a putea măsura 100 mA?

$$r_s = \frac{80}{20-1} = 4{,}21\ \Omega.$$

Scanned with OKEN Scanner

• **Voltmetrele** sau **bobinele de tensiune** ale wattmetrelor, varmetrelor, contoarelor etc., se montează în paralel, pe secundarul transformatorului de tensiune, care are o valoare nominală standardizată (de ex. 100 V).

Valoarea tensiunii primare a transformatorului trebuie să corespundă valorii tensiunii de serviciu din instalaţia respectivă. Considerând raportul de transformare al transformatorului de tensiune K_u, valoarea măsurată pe primar va fi:

$$U_p = K_u U_s \text{ [V]}, \tag{3.15}$$

în care: U_s este tensiunea indicată de aparatul de măsurat.

• **Ampermetrele** sau **bobinele de curent** ale aparatelor susmenţionate se montează în serie pe secundarul transformatorului de curent, care are o valoare nominală standardizată (de ex. 1A, sau 5A).

Valoarea curentului primar al transformatorului trebuie să corespundă valorii maxime de sarcină din instalaţia respectivă. Dacă I_s este valoarea măsurată de ampermetru, valoarea curentului din circuitul primar al instalaţiei va fi:

$$I_p = K_i I_s = \text{[A]}, \tag{3.16}$$

în care K_i este raportul de transformare al transformatorului de curent.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 4

LINII ELECTRICE AERIENE ŞI SUBTERANE DE JOASĂ TENSIUNE

A. LINII ELECTRICE AERIENE

Liniile electrice aeriene de joasă tensiune sunt alcătuite din următoarele părţi principale:

— *conductoarele electrice;*
— *stâlpii pentru susţinere;*
— *dispozitivele de prindere a conductoarelor de stâlpi.*

1. CONDUCTOARELE ELECTRICE

Conductoarele electrice au rolul de a asigura transportul energiei electrice cu pierderi cât mai mici. Se folosesc conductoare *monofilare* (masive) şi *multifilare* (funie).

• **Conductoarele monofilare** se execută cu secţiunea circulară din următoarele materiale:

— cupru şi bronz pentru secţiuni de 6—16 mm^2;
— oţel pentru secţiuni de 6—25 mm^2;
— aluminiu şi aliaje ale acestuia pentru secţiuni de 16—25 mm^2.

• **Conductoarele funie** se execută din mai multe fire, în general din acelaşi material şi cu acelaşi diametru, dispuse în straturi concentrice. Faţă de conductoarele monofilare acestea au următoarele avantaje importante:

— siguranţa sporită în funcţionare datorită divizării secţiunii conductorului în secţiuni elementare independente;
— flexibilitatea conductorului la aceleaşi secţiuni este mai mare.

Se execută din aceleaşi materiale ca şi conductoarele monofilare. Secţiunile minime ale conductoarelor funie sunt: 6 mm^2 pentru cupru, bronz şi oţel şi 16 mm^2 pentru aluminiu şi aliaje ale acestuia.

Conductoarele funie, datorită siguranţei mărite în funcţionare pe care o au, sunt utilizate cu precădere la traversări peste drumuri, ape, văi etc.

Liniile electrice aeriene se execută în general din aluminiu sau oţel-aluminiu. Cuprul se foloseşte numai la alimentarea receptoarelor din categoriile 0 şi I în zona litoralului, unde este un mediu puternic coroziv.

Scanned with OKEN Scanner

Stâlpii au, în principal, sarcina de a susţine conductoarele *LEA* (fig. 4.1). După rolul pe care îl îndeplinesc în cadrul liniei se pot clasifica în:

— *stâlpi de susţinere* (4), care au rolul de a susţine conductoarele electrice ale liniei. Se execută în formă de I şi se folosesc pe traseul rectiliniu al *LEA*. Asupra acestor stâlpi în planul aliniamentului acţionează forţele de tensiune din fire T_1 şi T_2 şi greutatea proprie G (fig. 4.2). De regulă tensiunile T_1 şi T_2 sunt egale în modul şi rezultanta R, a sistemului de forţe, solicită stâlpul la comprimare (fig. 4.2, *a*). Dacă conductoarele liniei se rup pe o parte a stâlpului, rezultanta devine R_1 (fig. 4.2, *b*) care solicită stâlpul şi la încovoiere. Această solicitare poate uneori să ducă la doborârea stâlpului, încât din aproape

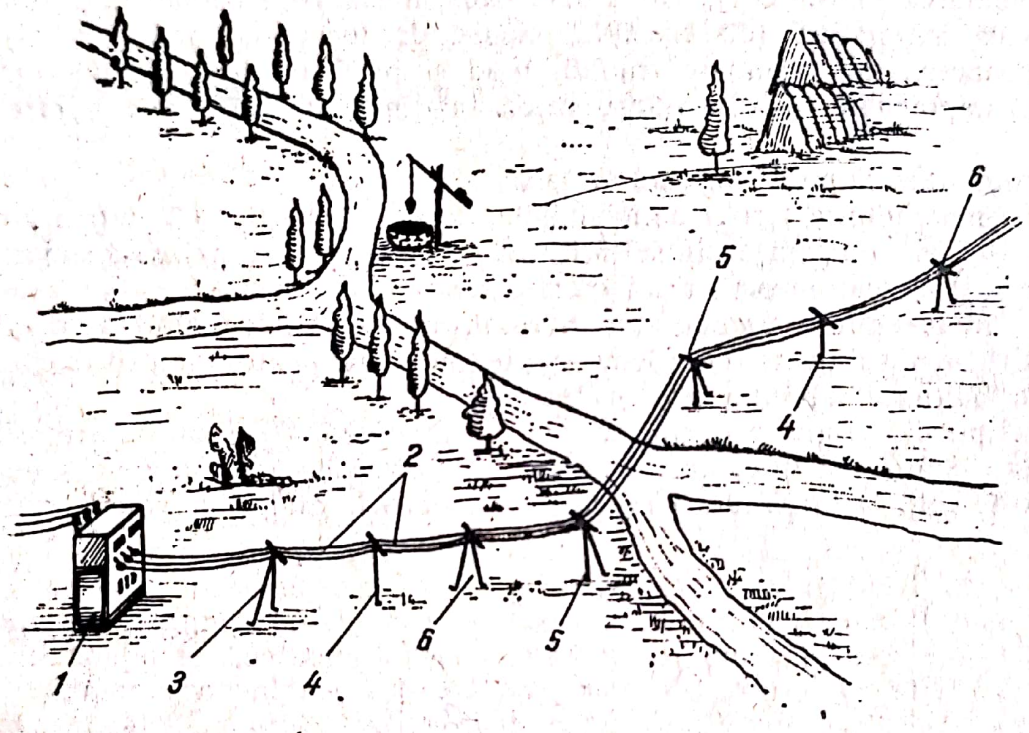


Fig. 4.1. **Linie electrică aeriană:**
1 — post de transformare 6/0,4kV; *2* — conductoare electrice; *3* — stâlp terminal; *4* — stâlpi de susţinere; *5* — stâlpi de colţ; *6* — stâlpi de întindere.

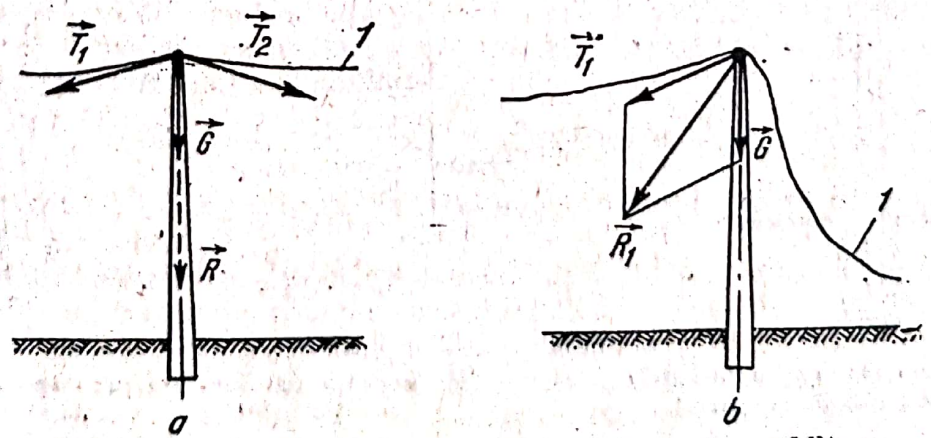


Fig. 4.2. **Forţele ce solicită stâlpii de susţinere dintr-o LEA:**
a — în funcţionare normală; *b* — când conductoarele din dreapta s-au rupt.

Scanned with OKEN Scanner

în aproape şi alţi stâlpi ai *LEA* pot să cadă. Pentru a se evita propagarea unui astfel de defect pe toată lungimea *LEA*, între stâlpii de susţinere se prevăd stâlpii de întindere (6, în fig. 4.1);

— *stâlpi de întindere* sau *tracţiune*, care au rolul de a prelua forţele necesare întinderii conductoarelor *LEA*. Se execută în formă de A încât pot prelua eforturile care apar la ruperea reţelei. Aceşti stâlpi se plantează între stâlpii de susţinere la distanţe aproximativ egale;

— *stâlpi de colţ* (*5*, în fig. 4.1) au rolul de a permite schimbările de direcţie ale reţelei;

— *stâlpi terminali* (*3*, în fig. 4.1) care se plantează la capetele reţelei. Pot prelua forţe numai după una dintre direcţii, aceea către aliniamentul *LEA*.

Stâlpii *LEA* de joasă tensiune se pot executa din lemn, beton sau metal.

● **Stâlpii de lemn** sunt utilizaţi la executarea *LEA* provizorii (de exemplu la alimentarea şantierelor), sau atunci când consumatorii alimentaţi sunt de mai mică importanţă (de exemplu, clădiri de locuit în mediul rural). Se confecţionează din răşinoase (molid, brad şi pin) şi foioase (stejar, gorun, salcâm) impregnate cu soluţii antiseptice. Înălţimea stâlpilor variază între 5 şi 14 m.

Montarea stâlpilor de lemn se face:

— în terenurile tari şi neinundabile, *direct în sol* (fig. 4.3) într-o groapă de 0,3—0,5 m^3. Porţiunea din stâlp introdusă în sol se carbonizează superficial sau se unge cu catran pentru a-i oferi o rezistenţă sporită;

— în terenurile umede sau inundabile, prin intermediul unui *adaos* (fig. 4.4). Adaosul poate fi din lemn sau beton şi mai poate fi folosit în cazurile în care înălţimea stâlpului este insuficientă.

Stâlpii din lemn, executaţi simplu, ca în figura 4.3, sunt folosiţi pentru susţinere. Stâlpii de întindere se execută în formă de A cu braţele simetrice iar cei de colţ, în formă de A cu braţe nesimetrice. Stâlpii de colţ se mai pot

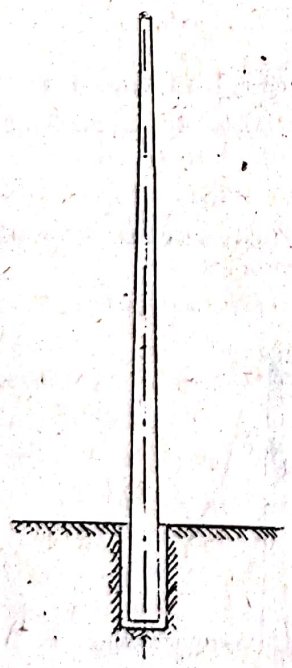


Fig. 4.3. Montarea în sol a unui stâlp de lemn (stâlp de susţinere).

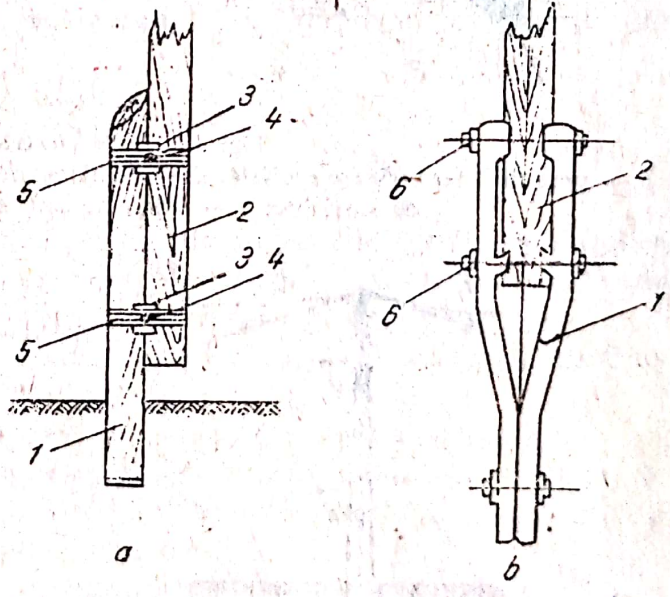


Fig. 4.4 Adaosuri pentru stâlpii de lemn: *a* — din lemn; *b* — din beton (cleşte); *1* — adaos; *2* — stâlp de lemn; *3* — plăcuţă presiune; *4* — beton; *5* — bandaj din sârmă galvanizată; *6* — buloane de strângere.

Scanned with OKEN Scanner

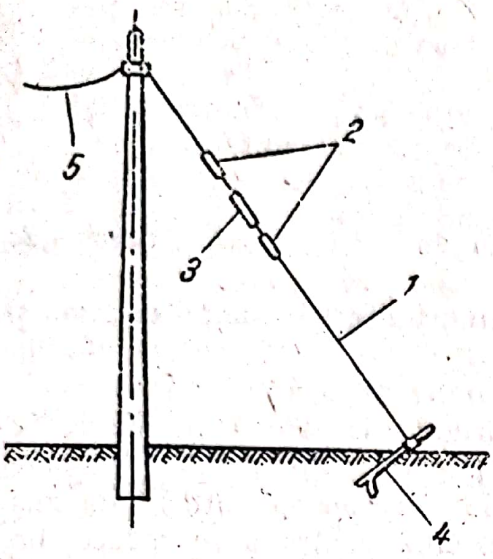


Fig. 4.5. **Stâlpi de lemn de colţ cu ancoraj;** *1* — cablu de ancorare; *2* — cleme de legare; *3* — întinzător; *4* — piesă de prindere a ancorei (butuc); *5* — conductor.

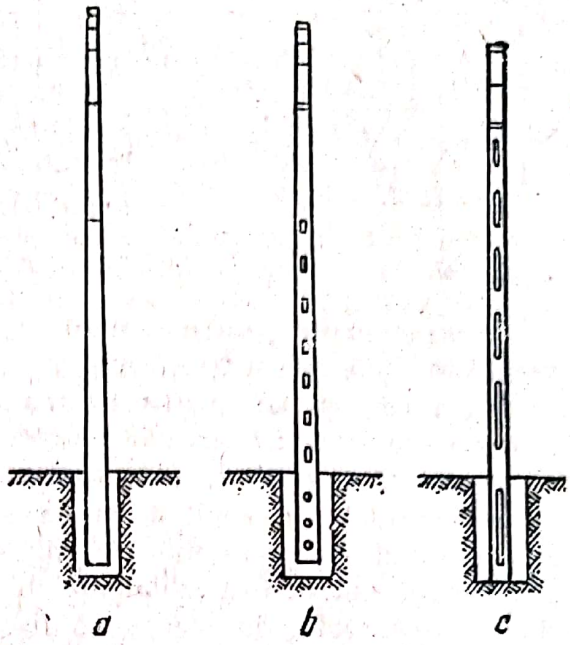


Fig. 4.6. **Stâlpi de beton armat:** *a* — centrifugat; *b* — vibrat; *c* — vibrat cu armătura pretensionată.

executa folosind un stâlp de susţinere ancorat (fig. 4.5). Ancorajul se poate fixa în sol, de zid, de alt stâlp, în stâncă etc.

● **Stâlpii de beton** sunt în prezent cei mai utilizaţi pentru susţinerea conductoarelor *LEA* pentru că se execută uşor, au rezistenţa mecanică şi rezistenţa la acţiunea mediului cu mult mai mari decât ale stâlpilor de lemn. Stâlpii de beton se execută cu armătură de oţel care poate fi normală sau pretensionată. Betonul se toarnă prin vibrare sau centrifugare (fig. 4.6). Aceşti stâlpi au înălţimea 10—11 m şi se introduc în sol la o adâncime de 1,5—2,3 m, în funcţie de destinaţia stâlpului. Pentru a se putea verifica uşor adâncimea de îngropare, pe stâlp, se trasează un reper, cu vospea, care se află la 4 m de bază. Cu cât stâlpul este mai solicitat (cazul stâlpilor de întindere şi terminali), cu atât el are gabaritul mai mare şi se îngroapă mai adânc. Dacă forţele de solicitare laterală sunt foarte mari se pot utiliza unul sau mai multe ancoraje, identice cu cele folosite la stâlpii de lemn.

● **Stâlpii de metal** nu sunt utilizaţi în mod normal pentru susţinerea *LEA* de joasă tensiune. Când totuşi se folosesc, aceştia sunt de tip ţeavă sau confecţionaţi din oţel cornier.

3. DISPOZITIVELE DE PRINDERE A CONDUCTOARELOR DE STÂLPI

Acestea sunt constituite din: *izolatoare, suporturi pentru izolatoare, console* şi *cleme de legătură.*

● **Izolatoarele** au rolul de a fixa conductoarele electrice pe stâlpi. Se execută din materiale ceramice cu rezistenţă mecanică şi electrică ridicate. Izolatoarele se execută în două tipuri constructive:

— tip *N* (fig. 4.7, *a*) pentru susţinerea conductoarelor;

— tip *T* (fig. 4.7, *b*) pentru întinderea (tragerea) conductoarelor.

De asemenea, pe acelaşi izolator se pot prinde unul sau mai multe conductoare.

Scanned with OKEN Scanner

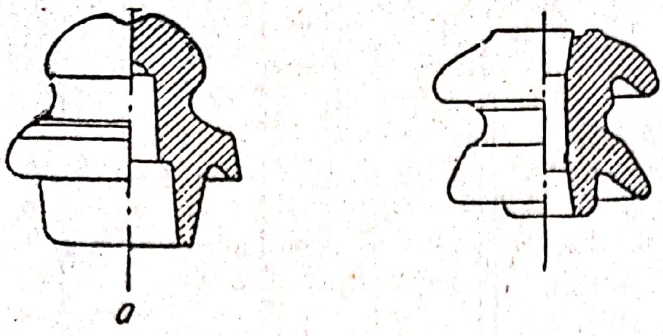


Fig. 4.7. **Izolatoare pentru un singur conductor:**
a — de susţinere (tip N); *b* — de întindere (tip T).

• **Suporturile pentru izolatoare** au rolul de a susţine izolatoarele. Se execută în două tipuri constructive:

— *curbe* (fig. 4.8) pentru fixarea izolatoarelor direct în stâlpii de lemn şi de beton sau pentru fixarea în perete;

— *drepte* (fig. 4.9) pentru fixarea izolatoarelor pe console.

• *Consolele* au rolul de a fixa suporturile izolatoarelor pe stâlpi. Se confecţionează din oţel cornier U (fig. 4.10) şi pot fi utilizate pentru izolatoare de susţinere sau pentru izolatoare de tracţiune. Acestea din urmă sunt mai robuste. Consolele, de regulă, se fixează orizontal pentru a se reduce din înălţimea stâlpului.

• **Clemele de legătură** se folosesc pentru înnădirea sau realizarea derivaţiilor conducătoare. Pot avea *rol electric* (de continuitate), şi se numesc *cleme pentru legături electrice*, sau *rol mecanic şi electric* (de a asigura rezistenţa mecanică a legăturii cât şi continuitatea electrică), şi se numesc *cleme pentru legături electrice şi mecanice.* Nu sunt admise înnădirile sau ramificaţiile la traversările *LEA* peste drumuri, ape, văi etc.

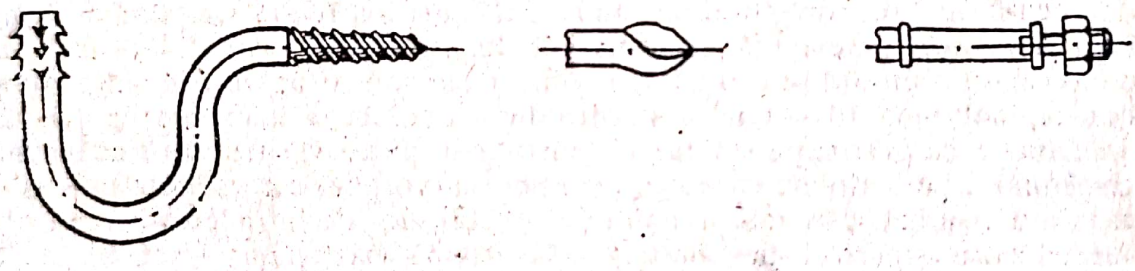
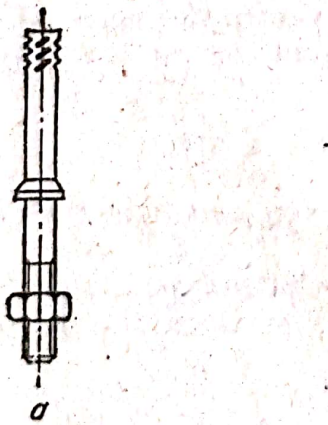


Fig. 4.8. **Suporturi curbe pentru fixarea izolatoarelor:**
a — în stâlp de lemn; *b* — în perete; *c* — în stâlp de beton.



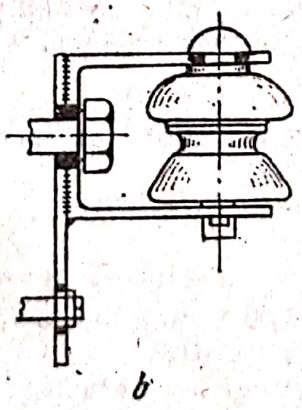


Fig. 4.9. **Suporturi drepte pentru fixarea izolatoarelor:**
a — tip N; *b* — tip T.

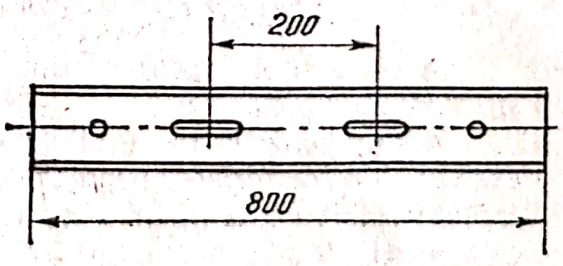


Fig. 4.10. **Consolă orizontală pentru două izolatoare de susţinere.**

Scanned with OKEN Scanner

Aceasta cuprinde:

— *trasarea, pichetarea şi săparea gropilor pentru stâlpi;*

— *fasonarea, alcătuirea şi plantarea stâlpilor;*

— *echiparea stâlpilor, montarea conductoarelor şi executarea legăturilor electrice.*

Pentru montarea *LEA* se utilizează următoarele:

— *dispozitive de măsurat:* ruletă, metru, fir cu plumb, nivelă cu bulă de aer;

— *unelte de săpat manual;* cazmale, lopeţi-lingură, lopeţi cu cozile lungi;

— *unelte pentru fasonat stâlpi:* ferăstraie pentru lemn, teslă, daltă pentru lemn, ciocane, burghie pentru lemn;

— *unelte pentru ridicat manual:* furci, ţapine, scripeţi, frânghii, vinciuri;

— *unelte pentru fixarea conductoarelor:* prese hidraulice, pistol pentru împuşcat bolţuri, chei fixe, cleme de întindere, dinamometre etc.;

— *utilaje pentru săpat mecanic:* autocamion cu dispozitiv mecanic pentru săpat gropi de stâlpi;

— automacara pentru ridicat şi plantat stâlpi etc.

• **Trasarea, pichetarea şi săparea gropilor pentru stâlpi. Trasarea** constă în identificarea traseului *LEA* şi fixarea unor jaloane vizibile de-a lungul acestuia. **Pichetarea** constă în baterea, de-a lungul traseului *LEA,* a unor ţăruşi de lemn care fixează centrele gropilor în care se vor monta stâlpii. **Săparea** gropilor se face *mecanic* sau *manual;* mecanic în terenurile tari, gropile având formă cilindrică, de adâncimea prevăzută în proiect, manual în terenurile moi, gropile având pereţii laterali înclinaţi sau în trepte.

Operaţia de săpare se efectuează numai cu avizul întreprinderilor cărora le aparţin diversele instalaţii subterane (apă, canal, telefoane, alte reţele electrice subterane etc.) din zonă, pentru a se evita accidentele de muncă şi distrugerea instalaţiilor respective. Gropile se îngrădesc, iar pe timpul nopţii se marchează cu felinare pentru a se preveni accidentele.

• **Fasonarea, alcătuirea şi plantarea stâlpilor. Fasonarea şi alcătuirea stâlpilor** se efectuează numai pentru stâlpii de lemn. Fasonarea constă în tăierea capetelor şi netezirea suprafeţei stâlpului. Stâlpul este apoi vopsit de două ori cu materiale protectoare (carbolineum sau bitum topit). După aceea se transportă la poziţie (lângă groapa în care se va monta). Aici se alcătuieşte stâlpul prin fixarea pe acesta a şuruburilor de prindere a consolelor. Atunci când este cazul se fixează de stâlpi şi adaosul.

Plantarea constă în aducerea stâlpului lângă groapă, ridicarea şi aşezarea în groapă, centrarea şi fixarea lui. Modul de plantare a stâlpilor prezintă particularităţi în funcţie de materialul din care este făcut stâlpul (lemn, beton sau metal). Plantarea stâlpilor de lemn se poate face *manual* când sunt puţini stâlpi, sau *mecanic,* când numărul lor este mare. Plantarea manuală constă în:

— aşezarea pe partea din spate a gropii a unei scânduri (fig. 4.11) pentru a se evita surparea pământului la introducerea stâlpului;

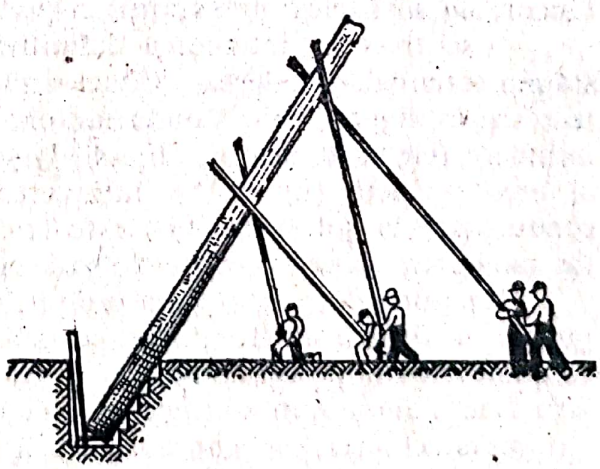


Fig. 4.11. **Ridicarea stâlpilor de lemn**

Scanned with OKEN Scanner

— lucrătorii se împart în două grupuri care vor ridica şi susţine stâlpul alternativ cu ajutorul furcilor (în timp ce un grup ridică, celălalt susţine, şi invers), până când stâlpul a fost introdus în groapă şi adus la verticală;

— se verifică verticalitatea stâlpului şi se îndreaptă stâlpul prin rotirea acestuia cu ajutorul unor cleşti speciali cu mânerul lung. Verticalitatea se păstrează apoi prin fixarea stâlpului (provizoriu) cu ajutorul a trei ţapine (prăjini de lemn cu vârful metalic ascuţit);

— se acoperă groapa cu pământ umed bătut cu maiul. Dacă terenul este moale pământul se burează cu pietre, bolovani sau bucăţi de beton;

— se scot ţapinele şi se execută ancorarea stâlpului, dacă aceasta este prevăzută.

Plantarea stâlpilor de beton armat se face într-o fundaţie de beton armat turnată în groapa săpată anterior. Stâlpul se fixează în golul fundaţiei numai cu automacaraua. Se verifică verticalitatea şi se fixează cu pene de lemn sau de beton. Se toarnă apoi beton între stâlp şi fundaţie. Plantarea este încheiată numai după ce s-a realizat priza betonului de fixare.

Plantarea stâlpilor de metal se face pe fundaţii de beton armat prin prindere cu buloanele încastrate în acestea. Stâlpii din ţeavă se plantează într-o fundaţie asemănătoare cu cea a stâlpilor de beton. Capătul exterior al stâlpului va fi acoperit etanş cu o placă sudată pentru a evita acumularea apei din ploi în interior.

• **Echiparea stâlpilor, montarea conductoarelor şi executarea legăturilor electrice.** Stâlpii se echipează, de regulă, după plantarea lor şi aceasta constă în fixarea izolatoarelor fie pe suporturi, fie pe consolе.

Suporturile curbe (v. fig. 4.8) se fixează pe stâlpii de lemn în găuri cu diametrul mai mic cu 2 mm decât diametrul exterior al suportului. *Suporturile drepte* (v. fig. 4.9) se fixează pe stâlpii de lemn cu şuruburi cu plăcuţă de presiune şi piuliţă. Izolatoarele se fixează în suporturile curbe şi în cele drepte tip *N* astfel: se înfăşoară capătul suportului cu fire de cânepă, se vopsesc cu miniu de plumb şi apoi se fixează izolatoarele prin înşurubare. Pe suporturile drepte tip *T* izolatoarele se fixează cu un şurub cu cui spintecat. Consolele se montează pe stâlpi cu brăţări metalice (v. fig. 4.9).

Montarea conductoarelor *LEA* constă în următoarele:

— conductoarele se derulează de pe tambure sau colaci (cu ajutorul vârtelniţei — fig. 4.12) şi se ridică pe console sau suporţi lângă izolatoare. Uneori nu se fixează pe suporţi, ci pe nişte role special agăţate de suporţi;

— se trece la întinderea definitivă a conductoarelor care începe de la stâlpul terminal. Prinderea conductoarelor de izolatoarele stâlpului terminal se face ca în figura 4.13. Conductoarele astfel legate se prind în clemele de întindere (clema broască — fig. 4.14) şi se întind cu ajutorul unor frânghii şi al unui scripete (fig. 4.15). Întinderea este terminată când distanţa de la conductoare la sol (gabaritul) este cea prevăzută la temperatura la care are loc montarea. Aceasta se controlează cu ajutorul unor prăjini de lemn.

După întindere se execută legăturile electrice. Conductoarele de aluminiu, înainte de fixarea de izolatoare, se înfăşoară cu o bandă de 10 × 1 mm^2 din aluminiu moale, pe o lungime de 25 cm. După aceea se leagă de izolatoare cu sârmă de aluminiu cu secţiunea minimă de 10 mm^2.

Conductoarele de cupru se leagă cu sârmă de cupru moale de 4 mm^2 (dacă au secţiunea mai mică de 35 mm^2) sau de 6 mm^2 (dacă au secţiunea peste 35 mm^2). Aceste legături se execută sub formă de:

Scanned with OKEN Scanner

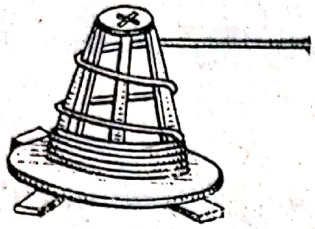


Fig. 4.12. **Vârtelniţă pentru desfăşurarea conductoarelor de pe colaci.**

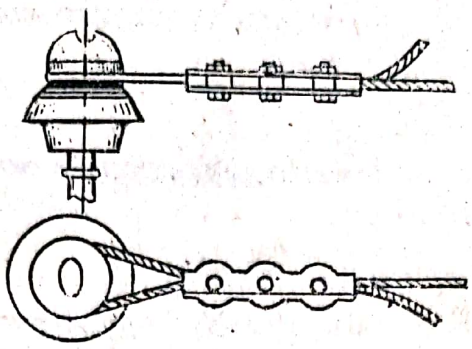


Fig. 4.13. Executarea legăturii unui conductor la un izolator montat pe stâlp terminal (legătură în ochi).

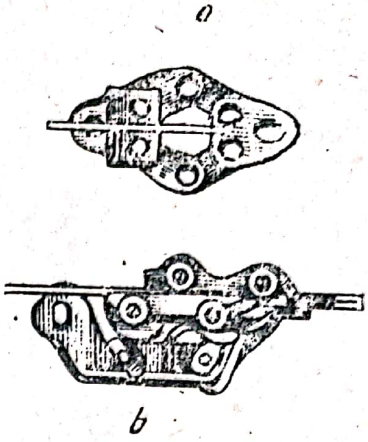


Fig. 4.14. **Cleme de întindere (cleme broască):** *a* — pentru conductoare de cupru; *b* — pentru conductoare de aluminiu.

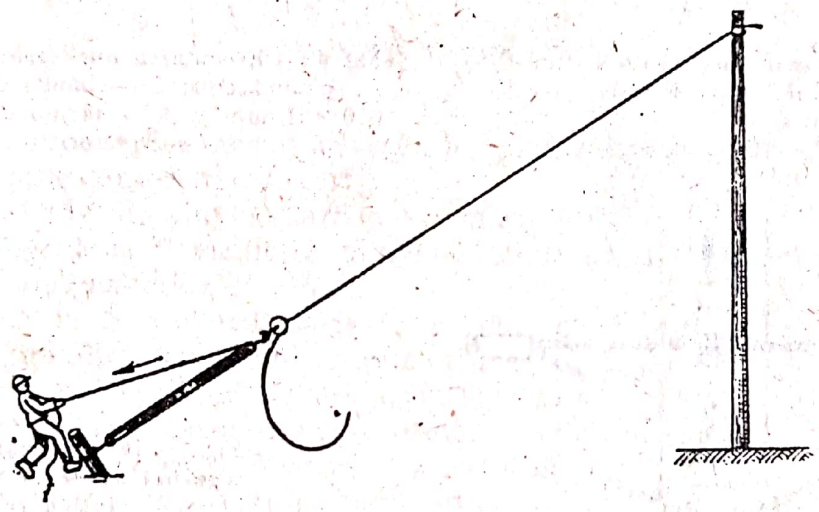


Fig. 4.15. **Întinderea definitivă a conductoarelor.**

— *legături simple* (în cruce simplă) (fig. 4.16) ce se folosesc pentru conductoare de cupru;

— *legături întărite* (în cruce întărită) (fig. 4.17) ce se folosesc pentru conductoare de aluminiu şi la liniile importante;

— *legături duble* (fig. 4.18) ce se folosesc pentru prinderea conductoarelor de stâlpii de întindere;

— *legături în ochi* ce se folosesc pentru prinderea conductoarelor de stâlpii terminali. Dacă pe stâlpi *LEA* este prevăzut a se monta şi un corp de iluminat, acesta se montează înainte de executarea *LEA*. Corpurile de iluminat se fixează pe console (sau braţe) de formă specială (fig. 4.19) prinse de stâlp cu brăţări.

Executarea *LEA* presupune luarea unor măsuri specifice de protecţie a muncii, datorită diversităţii mari de lucrări care se efectuează. Transportul stâlpilor se realizează cu autovehicule adecvate în care stâlpii sunt bine sprijiniţi şi legaţi. La descărcarea stâlpilor se va crea un plan înclinat rezistent, iar stâlpii vor fi susţinuţi din partea opusă direcţiei de cădere. Dacă descărcarea se face

Scanned with OKEN Scanner

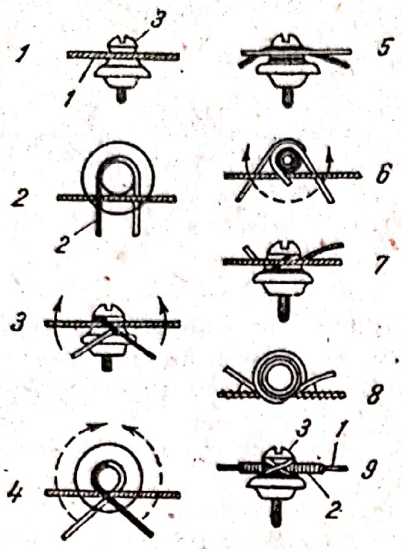


Fig. 4.16. **Executarea unei legături simple** (*1—9* **fazele succesive ale legăturii**):
1 — conductor; *2* — sârmă de legătură; *3* — izolator.

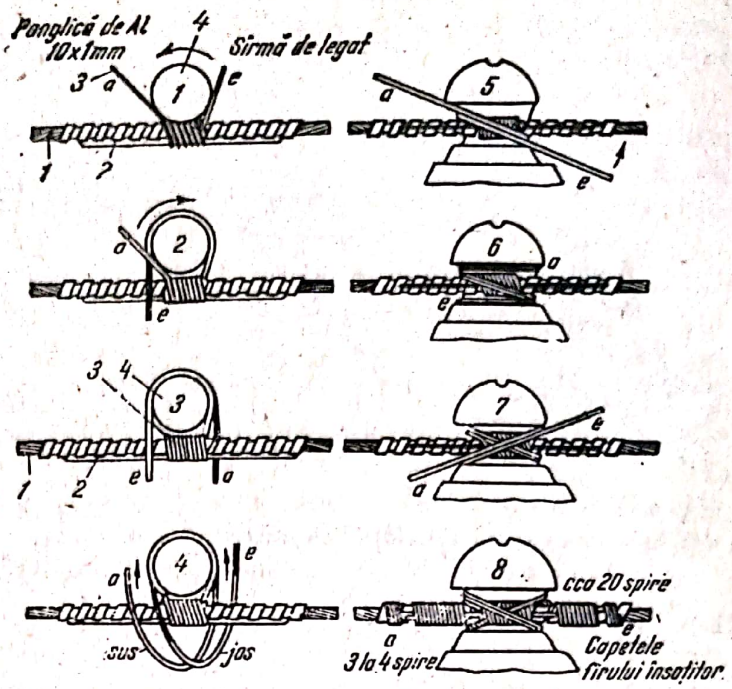


Fig. 4.17. **Executarea unei legături întărite:**
1 — conductor; *2* — bandă de aluminiu (10×1 mm^2); *3* — sârmă de legătură; *4* — izolator.

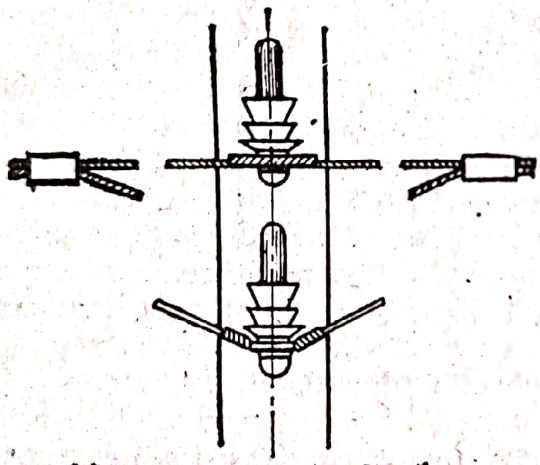


Fig. 4.18. **Executarea unei legături duble la un stâlp de întindere.**

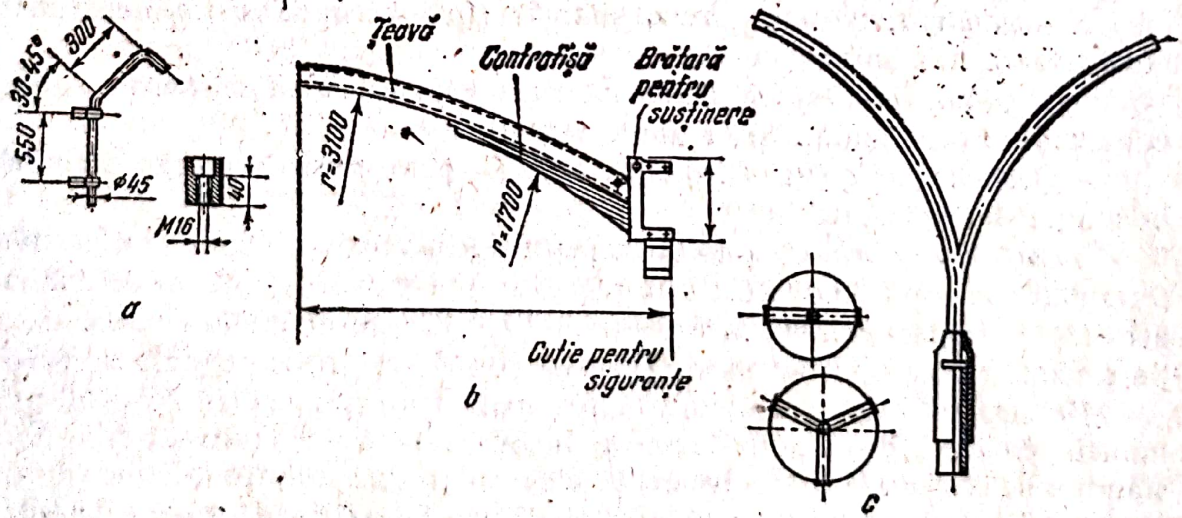


Fig. 4.19. **Console pentru fixarea corpurilor de iluminat pe stâlpi:**
a — de lemn; *b* — de beton armat vibrat; *c* — de beton armat centrifugat.

Scanned with OKEN Scanner

cu automacaraua se va urmări ca braţul acesteia să nu ajungă în contact cu conductoarele unei alte *LEA* aflată în apropiere. Lucrările de săpături se vor executa cu grijă, îndeosebi în zonele în care se află gospodării de conducte, cabluri în sol. În aceste cazuri se vor folosi numai cazmale şi lopeţi, pentru a evita degradarea conductelor subterane. Gropile neacoperite se vor îngrădi şi semnaliza.

Lucrările la înălţime, pe stâlpi, se vor efectua cu centuri de siguranţă. Urcarea se va face numai cu gheare, scări sau cu autotelescopul. Înainte de urcare se va urmări stabilitatea stâlpilor şi dacă aceasta este insuficientă se vor lua măsuri suplimentare de ancorare şi rigidizare.

După încheierea lucrărilor la *LEA*, aceasta se pune sub tensiune şi se trece la recepţia ei. Se urmăreşte prin control vizual:

— stabilitatea stâlpilor şi a ancorajelor;
— stabilitatea suporturilor şi consolelor pe stâlp;
— stabilitatea izolatoarelor;
— integritatea legăturilor electrice;
— stabilitatea liniei la acţiunea vântului şi a chiciurii.

5. ÎNTREŢINEREA *LEA*

Întreţinerea *LEA* necesită *verificări periodice de zi* şi *de noapte.* Se urmăreşte prin control vizual:

— dacă săgeata conductoarelor s-a mărit;
— integritatea elementelor componente ale liniei, de la stâlpi, izolatoare, legături şi conductoare;
— dacă în apropierea liniei în perimetrul de gardă nu s-au executat construcţii sau alte lucrări care ar putea fi puse în mod accidental sub tensiune;
— dacă nu apar descărcări electrice între conductoare şi alte părţi metalice ale *LEA* (aceasta se poate observa numai noaptea).

În cadrul *lucrărilor de întreţinere* se execută periodic măsurarea rezistenţei conductoarelor pentru a verifica integritatea lor şi măsurări ale rezistenţei de izolaţie între conductoare şi alte elemente ale *LEA.* În acest fel se poate preveni din timp producerea defectelor.

Periodic *LEA* se scoate de sub tensiune şi se execută, după un plan bine stabilit, reparaţii la izolatoare şi la legături electrice, lucrări de rigidizare a stâlpilor şi de vopsitorie.

Când apar defecte grave, cum ar fi ruperea conductoarelor, *LEA* se scoate imediat de sub tensiune şi se trece la repararea acestora.

B. LINII ELECTRICE SUBTERANE

Liniile (reţelele) electrice subterane (*LES*) de joasă tensiune sunt reţele a căror tensiune este mai mică decât 1 kV. Faţă de *LEA*, ele au câteva avantaje importante: oferă o siguranţă în funcţionare mult mai mare, exploatarea este de asemenea simplă, oferă condiţii de tehnică a securităţii muncii mult mai bune şi au un grad estetic ridicat. Au, în acelaşi timp, şi câteva dezavantaje importante: localizarea şi îndepărtarea unui defect se execută mult mai dificil şi cu un cost mai ridicat.

Scanned with OKEN Scanner

Rețelele electrice subterane, în funcție de destinația pe care o au, se pot clasifica în:

— *rețele pentru distribuția energiei electrice.* Aceste rețele sunt utilizate atât pentru curent continuu cât și pentru curent alternativ, de înaltă, medie sau joasă tensiune. *LES* se execută, de regulă, pentru tensiuni mai mici de 35 kV. Peste această valoare se adoptă *LES,* de regulă în marile orașe, în incinta marilor consumatori și în alte cazuri speciale:

— *rețele pentru teletransmisie,* utilizate în instalațiile de telefonie, telex, ceasoficare, radioficare, avertizare de incendiu etc.;

— *rețele pentru control și comandă,* utilizate pentru măsurare, semnalizare și protecție în instalațiile de automatizare. Sunt utilizate, de asemenea, în acționarea de la distanță a unor elemente (vane, clapete etc.) din instalațiile gospodărești orășenești, sau aflate la mare depărtare în incinta unui consumator etc.

Rețelele electrice subterane prezintă, de asemenea, multe particularități specifice modului de amplasare, care poate fi: direct în sol (de diferite medii), în canale nevizitabile sau vizitabile; în subsolurile construcțiilor, în apă de râu, fluviu, lac, dulce sau sărată, în galeriile din subteran (ce pot fi uscate, umede, cu pericol de explozie etc.), în medii cu temperaturi foarte variate etc. Aceasta face ca în cadrul aceluiași tip de rețea să existe diferențieri mari între elementele componente și tehnologiile de execuție.

În cele ce urmează se vor face referiri numai la *LES* utilizate pentru transportul și distribuția energiei electrice.

În toate cazurile, *LES* se execută din cabluri și accesorii pentru joncțiuni, derivații și legături la tablourile electrice.

1. CABLURILE DE ENERGIE PENTRU *LES*

Sunt utilizate îndeosebi cablurile care au mantaua exterioară din *PVC,* plumb sau iută. Se folosesc atât armate, cât și nearmate.

Cablurile cu mantaua din plumb se pot monta direct în sol, uscat sau umed. Cablurile cu mantaua din *PVC* se pot monta, de asemenea, direct în sol, în special în solurile acide sau puternic corozive.

Când sunt supuse la eforturi mecanice, rezultate din tasarea solului, se utilizează cablurile armate cu bandă din oțel, sau se protejează, pe porțiunea expusă, cu țevi de protecție. Cablurile cu mantaua de iută se utilizează mai ales în canalele vizitabile și nevizitabile sau direct în solurile uscate.

2. ACCESORII PENTRU JONCȚIUNI ȘI DERIVAȚII

Principalele accesorii pentru cablurile de energie din *LES* sunt *manșoanele de legătură, manșoanele de derivație și cutiile terminale.*

• **Manșoanele de legătură** sunt utilizate pentru înnădirea a două cabluri de-a lungul *LES.* În figura 4.20 este reprezentat un manșon pentru înnădirea cablurilor cu manta de plumb. Aceasta se compune dintr-un manșon exterior de fontă și un manșon de plumb. Conductoarele cablurilor se leagă între ele

Scanned with OKEN Scanner

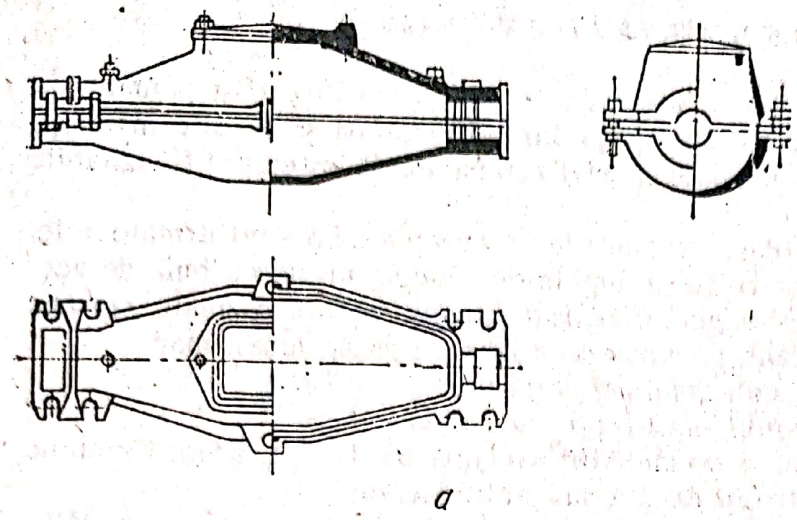


Fig. 4.20. **Manşon de legătură:**
a — manşonul exterior din fontă;
b — manşonul interior din plumb.

cu cleme de legătură în prelungire. Manşoanele pentru cablurile cu mantaua din *PVC* sunt tot din material plastic şi au o construcţie asemănătoare.

• **Manşoanele de derivaţie** sunt utilizate pentru realizarea conexiunilor între cablurile care nu sunt în prelungire (fig. 4.21). Capetele acestor cabluri se prind în cleme de derivaţie, care pot fi demontabile sau nedemontabile.

• **Cutiile terminale** (fig. 4.22) sunt utilizate de câte ori este necesară protejarea faţă de mediu a capătului cablului ce a fost dezizolat pentru a permite montarea papucilor de conductoare. Există cutii terminale pentru unul până la şase cabluri. Ele se execută din tablă, silumin sau *PVC*.

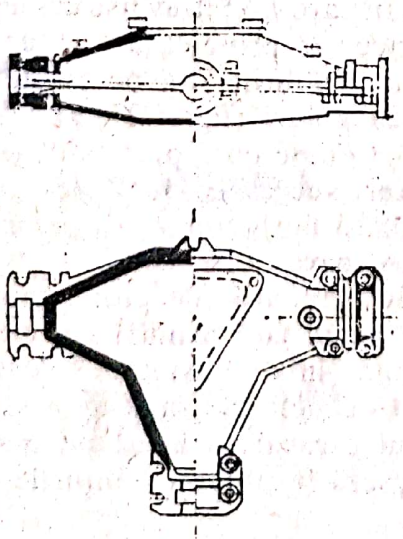


Fig. 4.21. **Manşon de derivaţie.**

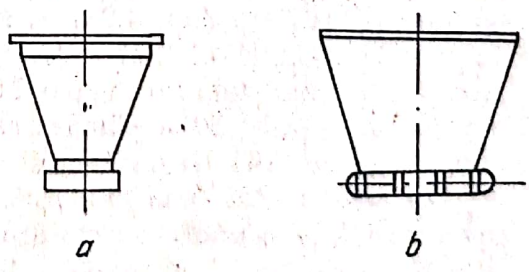


Fig. 4.22. **Cutie terminală din tablă:**
a — pentru un cablu; *b* — pentru două cabluri.

Scanned with OKEN Scanner

De regulă, cablurile electrice ale *LES* se montează direct în pământ. În marile oraşe existenţa numeroaselor gospodării de cabluri şi de alte instalaţii obligă la montarea acestora în canale special amenajate. Acestea pot fi vizitabile sau nevizitabile.

Principalele unelte şi utilaje necesare la executarea *LES* sunt următoarele:

— *unelte pentru măsurat:* ruletă, frânghie de cânepă, nivelă cu bulă de aer;

— *unelte pentru săpat pământul şi refăcut pavajul:* lopeţi, cazmale, ciocane de 5 kg cu coadă lungă, ciocane pneumatice, roabă, targă de lemn, mai;

— *utilaje mecanizate pentru săparea şanţurilor;*

— *utilaje pentru transportul tamburelor cu cabluri;*

— *dispozitive de ridicare a tamburelor:* vinciuri de 4—7 t, arbore metalic pentru tambure de 1—7 t, troliu de 5 t sau automacara;

— *unelte pentru desfăcut cablul de pe tambur:* cleşti de cuie, ciocane, dălţi, rangă;

— *unelte pentru fasonat şi îmbinat cablurile:* ferăstrău pentru metale, pile, cuţit de cablu, ciocan de lipit, lampă cu benzină, cositor, perii metalice, pensule, şurubelniţe, presă hidraulică pentru lipit papuci etc.;

— *unelte pentru tragerea cablului;* ciorapi de tras cablul, role de lemn (aluminiu) şi dispozitiv de tragere mecanizată a cablului.

Pentru montarea direct în sol a *LES* este necesară executarea următoarelor operaţii:

— *marcarea traseului;*
— *executarea traversărilor;*
— *executarea şanţurilor;*
— *derularea şi pozarea cablurilor;*
— *executarea joncţiunilor şi ramificaţiilor;*
— *executarea profilelor LES, astuparea şanţurilor şi refacerea pavajelor;*
— *punerea sub tensiune şi darea în exploatare a LES;*

• **Marcarea traseului.** Traseul *LES* este stabilit prin proiect. El se verifică pe teren prin parcurgerea cu piciorul, pentru a se constata dacă poate fi respectat. Din loc în loc se plantează în pământ ţăruşi din lemn pentru a jalona traseul *LES*. O dată cu marcarea traseului se constată ce traversări (de drumuri, ape, căi ferate etc.) trebuie să se efectueze şi se stabilesc măsurile de protejare a cablului (sau cablurilor).

• **Executarea traversărilor.** Pe porţiunea în care *LES* traversează un drum carosabil, o cale ferată etc. cablurile electrice se protejează cu tuburi de protecţie din beton, bazalt, oţel sau *PVC* dur. Tuburile din beton pot fi cu secţiunea circulară (fig. 4.23, *a*) sau pătrată cu goluri (fig. 4.23, *b*). Tuburile de protecţie *1* (fig. 4.23, *c*) se fixează într-un pat de beton *2* pe fundul şanţului. Acesta este apoi umplut cu pământ *3* în straturi succesive, de 20 cm grosime, bine bătute. Peste acest pământ se toarnă o placă de beton *4*, a cărei grosime depinde de sarcina traversării, şi apoi se reface pavajul *5*.

O altă metodă, mai modernă, de a introduce tuburile de protecţie în zona traversării *LES* este aceea a forării. Forarea se poate face manual sau mecanic.

• **Executarea şanţurilor.** Se desfac mai întâi pavajele folosindu-se ciocanele pneumatice sau răngile metalice şi ciocanele. Se sapă apoi şanţul la adâncimea prevăzută în proiect. Tot pământul excavat se aşază pe o singură parte a şanţului, cealaltă parte fiind rezervată aşezării cablului. Şanţurile adânci, în terenuri moi vor fi prevăzute cu sprijiniri.

Scanned with OKEN Scanner

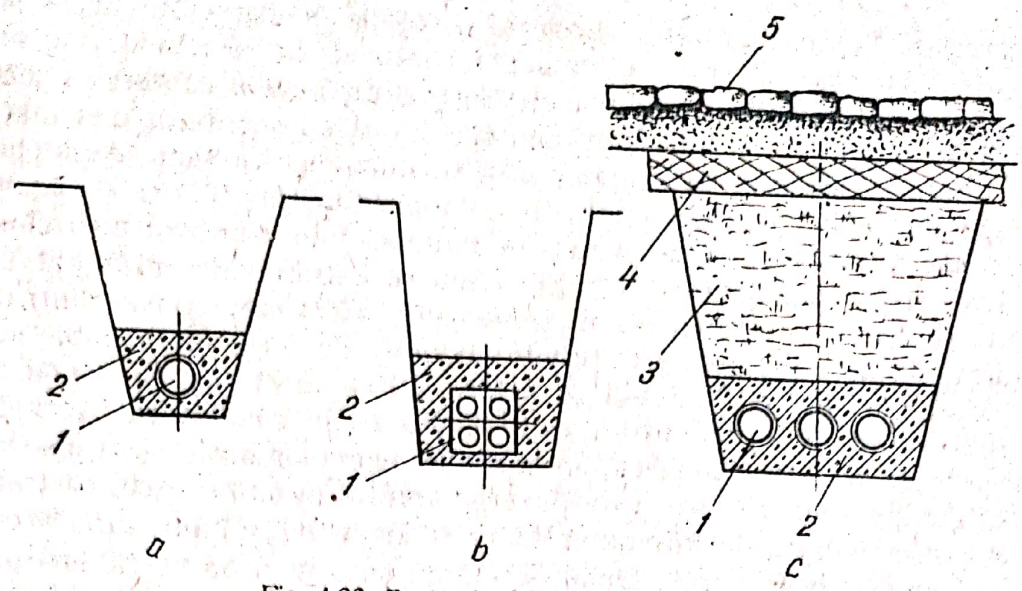


Fig. 4.23. **Protecţia *LES* la traversări:**
a — cu tub de beton (metalic) circular; b — cu tub de beton pătrat cu goluri; c — secţiune printr-o traversare.

• **Derularea şi pozarea cablurilor.** *LES* este formată din unul sau mai multe cabluri electrice. Acestea sunt aduse cu mijloace de transport (maşini, tractoare, vagoane de cale ferată) rulate pe tambure de lemn. Pe distanţe scurte, aceste tambure sunt deplasate cu cărucioare special destinate (fig. 4.24). Descărcarea tamburelor se face folosindu-se planul înclinat sau mijloace mecanice de descărcare.

Prinderea tamburului pentru descărcare se face ca în fig. 4.25. Tamburele se depozitează pe o platformă special amenajată. Înainte de a se începe derularea cablului se desfac scândurile de protecţie dintre roţile tamburului şi apoi se măsoară rezistenţa de izolaţie a cablului (cu magohmmetrul). Aceasta se compară cu cea notată pe tambur sau citită în catalogul de cabluri. Se verifică, în acest fel, integritatea izolaţiei electrice a cablului, deoarece în timpul transportului sau al depozitării acesta s-ar fi putut deteriora. Dacă rezistenţa de izolaţie corespunde, se trece la derularea şi pozarea cablului, operaţii ce au

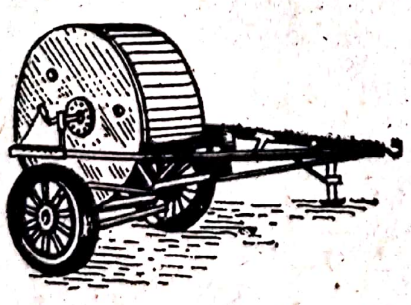


Fig. 4.24. **Cărucior pentru transportarea tamburului şi derularea cablului.**

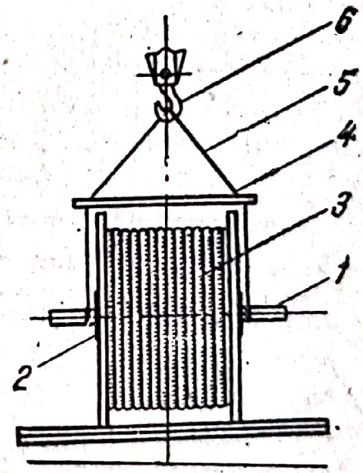


Fig. 4.25. **Prinderea tamburului pentru descărcare:** *1* — ţeavă; *2* — bucşă; *3* — cablu; *4* — traversă distanţieră; *5* — cablu din oţel; *6* — cârligul macaralei.

Scanned with OKEN Scanner

loc simultan. Pentru derulare, tamburul se aşază pe cărucior (fig. 4.24), sau este suspendat (fig. 4.25) cu automacaraua sau cu un sistem de vinciuri. Pe fundul şanţului se aşază role din metru în metru, pentru cabluri cu secţiunea până la 35 mm^2, şi din 1,5—2 m, pentru cabluri cu secţiunea mai mare (fig. 4.26). Cablul se desface de pe tambur şi se introduce în şanţ, aşezat pe role. Se trage de cablu simultan cu rotirea tamburului. Derularea se poate face manual sau mecanizat. Când se execută manual, unui muncitor nu trebuie să-i revină o sarcină mai mare de 35 kg. Când se execută mecanizat, pe capătul cablului se aşază un *„ciorap pentru cablu"* (fig. 4.27) care constă dintr-o plasă din sârmă de oţel. De acesta se prinde un cablu de tracţiune, flexibil, acţionat de utilajul de tragere. Ciorapul se prinde de cablu cu un bandaj de sârmă. Lungimile maxime ale cablurilor care se pot trage cu ajutorul ciorapilor de cablu sunt cu atât mai mici, cu cât secţiunea conductoarelor este mai mare.

O atenţie deosebită se va da pozării cablului în curbe. Acestea trebuie să aibă raza de curbură de minimum 15 ori diametrul cablului, când acesta are mantaua de *PVC* sau plumb. După derularea unui tronson de cabluri urmează derularea în continuare a celorlalte tronsoane până la realizarea întregii *LES*. Trecerea cablului prin tuburi se face după ce în prealabil tubul a fost curăţat. Această operaţie se face trecându-se prin tub o piesă de formă specială (fig. 4.28). Dacă tuburile de protecţie au lungimi mari, din 50 în 50 m se realizează cămine de tragere. Cablurile se aşază în şanţ într-o poziţie şerpuită pentru a se preîntâmpina producerea eforturilor ce ar putea apărea la variaţii de temperatură.

Cablurile de la capetele *LES* se introduc în construcţia postului de transformare sau în construcţia consumatorului de energie electrică. Trecerile prin fundaţiile acestor construcţii se fac în tuburi de protecţie. Pentru a se evita infiltraţiile de apă în construcţie, între tub şi cablu se introduce iută impregnată, care fixează cablul (axial). Apoi, în jurul capătului exterior al tubului de protecţie se execută o casetă din cărămidă în care se toarnă bitum.

• **Executarea joncţiunilor şi ramificaţiilor.** Joncţiunile apar necesare la înnădiri, derivaţii şi la capete, pentru a asigura continuitatea electrică. Acestea

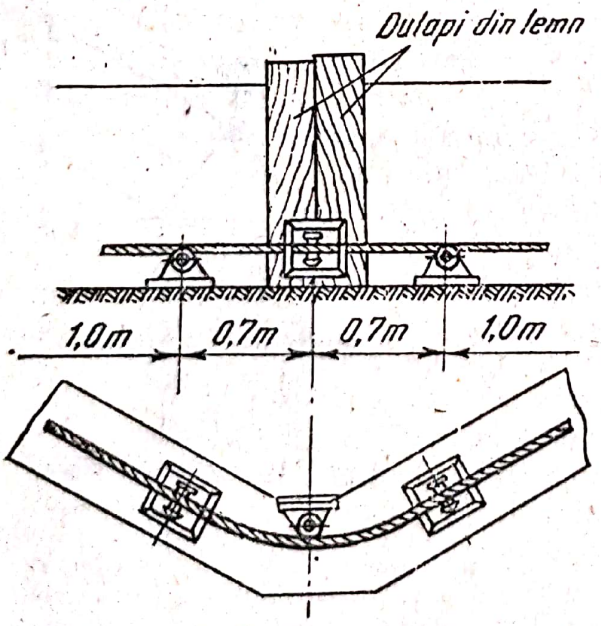


Fig. 4.26. **Aşezarea rolelor pe fundul şanţului.**

Fig. 4.27. **Ciorap pentru tragerea cablului.**

Fig. 4.28. **Piesă pentru curăţat tuburile de protecţie.**

Scanned with OKEN Scanner

se realizează prin manşoane de legătură, manşoane de derivaţie şi capete terminale. În locul unde se realizează înnădirea sau derivaţia, şanţul se lăţeşte cu aproximativ 80 cm, iar pe locul unde se va monta manşonul şanţul se adânceşte cu 10—20 cm. Operaţiile de montare a manşoanelor se efectuează în condiţiile în care mediul este uscat şi curat. Dacă nu, peste şanţ, în locul unde se face îmbinarea, se prevede un cort. Iluminatul locului de muncă se asigură cu o lampă portabilă. Cele două capete de cabluri care urmează a se îmbina se aşază pe câte o capră ca în figura 4.29. Se fasonează cele două capete, pe distanţa *a*/2, *a* fiind distanţa pe care se suprapun cablurile. Înnădirea conductelor se face prin lipire la cald (cositorire), sau sudare la rece prin presiune (fig. 4.30). Lipiturile se înfăşoară cu bandă izolatoare din *PVC* în câteva straturi. Tot cu bandă izolatoare se înfăşoară şi capetele cablurilor. Îmbinarea astfel realizată se izolează electric şi se protejează mecanic în manşonul de legătură sau ramificaţie. În cazul cablurilor cu mantaua din plumb, îmbinarea se introduce într-un prim manşon de plumb (fig. 4.20, *b*). Se execută o legătură electrică între manşon şi mantaua cablului, după care manşonul se umple cu masă izolantă neagră pe bază de bitum. Acesta se aşază în al doilea manşon de fontă (fig. 4.20, *a*), care şi el la rândul lui este umplut cu masă izolantă. Masa izolantă prin răcire se contractă. De aceea, umplerea celor două manşoane se face prin turnare în trepte. Se toarnă apoi masă izolantă peste manşon şi cablu de o parte şi de alta a acestuia. Se presară nisip şi se acoperă cu un strat de cărămizi. Când se consideră că solicitările mecanice la care este supusă îmbinarea sunt reduse, se poate renunţa la cel de-al doilea manşon de fontă.

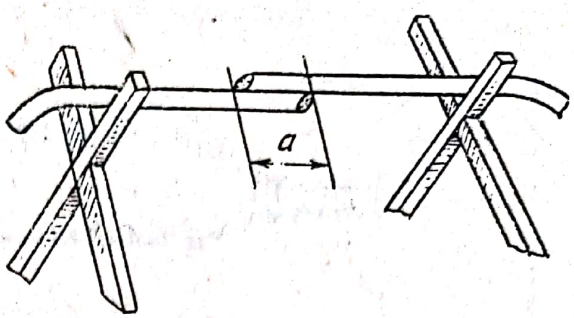


Fig. 4.29. **Aşezarea capetelor cablurilor pentru îmbinare.**

În cazul cablurilor cu mantaua din *PVC*, se utilizează manşoane din *PVC* (fig. 4.31). Masa izolantă este diferită în această situaţie. Ea reprezintă un amestec de răşini epoxidice cu un întăritor. Masa izolantă se toarnă fără întrerupere până la umplerea manşonului. Întărirea se face în 1,5—10 h, în funcţie de volumul masei şi temperatura aerului exterior. Prin întărire, masa izolantă nu se contractă şi nu este necesară o completare ulterioară. Muncitorul care execută această operaţie va purta, în mod obligatoriu, mănuşi de cauciuc. Dacă solicitările mecanice ale *LES* sunt mari, peste manşonul din *PVC* se poate prevedea şi un manşon suplimentar de protecţie, din fontă. În mod asemănător se execută manşoanele de derivaţie şi capetele terminale.

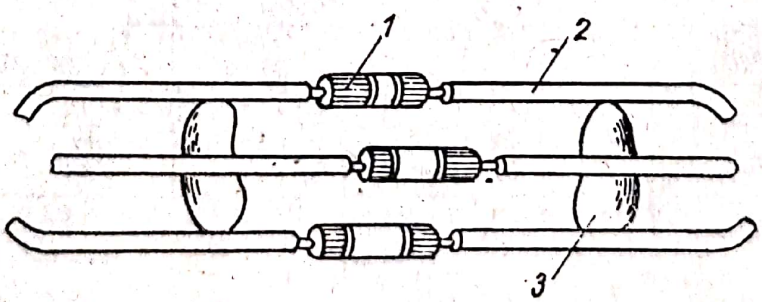


Fig. 4.30. **Îmbinarea a două cabluri:**
1 — îmbinarea conductoarelor; *2* — conductoarele cu izolaţie; *3* — distanţier izolant între conducte.

Scanned with OKEN Scanner

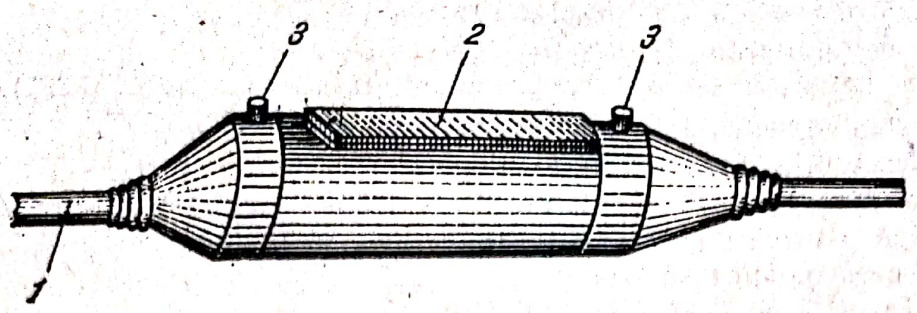


Fig. 4.31. **Manşon de legătură din** *PVC:*
1 — cablu; *2* — pâlnia de turnare; *3* — orificii de aerisire.

● **Executarea profilelor** *LES*, **astuparea şanţurilor şi refacerea pavajelor.** După executarea joncţiunilor şi ramificaţiilor se măsoară din nou rezistenţa de izolaţie a cablurilor *LES*, deoarece în timpul pozării şi tragerii prin tuburi aceasta ar fi putut suferi deteriorări. Dacă rezistenţa de izolaţie corespunde, se scot din şanţ rolele de tragere şi se trece la executarea profilelor. Aceasta constă în:

— aşezarea pe fundul şanţului, peste cablu (cabluri), a unui strat de nisip de 10 cm înălţime;

— ridicarea cablului deasupra nisipului cu ajutorul unor cârlige. Patul de nisip are rolul de a drena apa ce ar ajunge în zona cablului. Se execută apoi marcarea cablurilor din 5 în 5 m pentru a putea fi uşor identificat. Aceasta se face cu benzi de plumb sau *PVC* pe care se înscriu tensiunea, secţiunea, punctele de plecare şi sosire şi anul montării. Dacă *LES* are mai multe cabluri paralele de tensiuni diferite în şanţ, între acestea se execută o separare cu cărămidă aşezată pe lat;

— aşternerea peste cablu a unui nou strat de nisip de 10 cm grosime;

— aşezarea unui strat din cărămizi sau plăci din *PVC* cu rolul de a distribui uniform sarcina mecanică.

În figura 4.32 sunt reprezentate câteva tipuri de profile pentru *LES*. După executarea profilelor se astupă şanţul cu pământ în straturi de câte 20 cm, bine bătut cu maiul. Apoi se toarnă placa de beton şi se reface pavajul. La suprafaţă, din 50 în 50 m, *LES* este marcată prin borne de beton (trunchi de piramidă) pe care sunt încastrate plăcuţe metalice pe care se înscriu tensiunea şi secţiunea cablurilor, punctele de plecare şi sosire şi anul montării.

● **Punerea sub tensiune şi darea în exploatare a** *LES*. Punerea sub tensiune şi încercările la care sunt supuse cablurile de energie ale unei *LES*

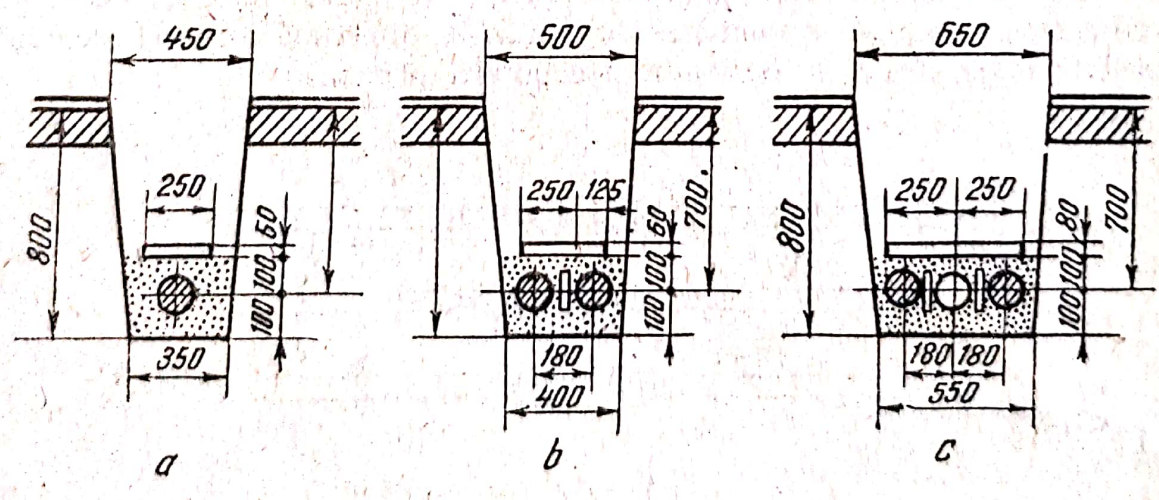


Fig. 4.32. **Executarea profilelor** *LES:*
a — pentru un singur cablu; *b* — pentru două cabluri; *c* — pentru trei cabluri.

Scanned with OKEN Scanner

se fac în conformitate cu instrucţiunile prevăzute în normative şi în „caietul de sarcini al cablului". Dintre acestea cele mai importante sunt:

— măsurarea rezistenţei electrice a conductoarelor;

— măsurarea rezistenţei de izolaţie.

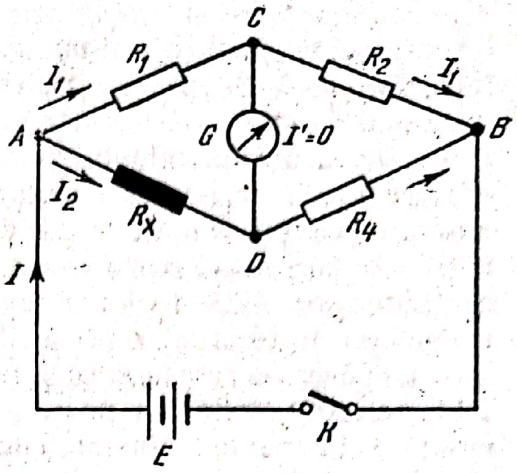


Fig. 4.33. Schema de principiu a punţii simple.

Măsurarea rezistenţei electrice a conductoarelor permite depistarea unor defecte ce ar fi putut să apară în timpul montării cablului, ca:

— întreruperea conductoarelor electrice pe una sau mai multe faze;

— contacte electrice între conductoare datorate unor defecte de izolaţie;

— rezistenţe de contact suplimentare în locurile de joncţiune şi ramificaţie datorate unei execuţii necorespunzătoare.

Rezistenţa conductoarelor cablului se măsoară cu ajutorul punţii simple. Schema de principiu pentru legarea rezistenţelor în punte simplă este reprezentată în figura 4.33, unde R_1, R_2 şi R_4 sunt rezistenţe cunoscute, iar R_x rezistenţa conductorului cablului electric, care trebuie determinată. Între punctele C şi D se montează un galvanometru. Sistemul este conectat la sursa de curent continuu prin întreruptorul K. Rezistenţele R_2 şi R_4 sunt variabile. Acestea se modifică astfel, încât prin galvanometru curentul să fie nul. Rezultă relaţiile:

$$I_1R_1 - I_2R_x = 0 \text{ şi } I_1R_2 - I_2R_4 = 0 \tag{4.1}$$

de unde:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_4. \tag{4.2}$$

De regulă, rezistenţa cablului se măsoară la o temperatură θ diferită de 20°C, temperatură pentru care este determinată rezistenţa din catalog. De aceeea, după măsurarea rezistenţei se calculează rezistenţa pe care ar avea-o conductorul la 20°C şi aceasta se compară cu cea din catalog. Astfel, rezistenţa conductorului, pe km de cablu, la 20°C este:

$$R_{20} = \frac{R}{[1 + \alpha(\theta - 20)]L} \text{ [Ω/km]}, \tag{4.3}$$

unde:

R este rezistenţa totală a conductorului, măsurată la temperatura θ (în °C), în Ω;

L — lungimea cablului, în km;

α — coeficientul de temperatură al materialului din care este făcut conductorul, în K^{-1}.

Dacă în urma măsurătorilor şi calculelor de mai sus rezultă

$$R_{20} \leq R_{catalog}, \tag{4.4}$$

cablul a fost bine montat. În caz contrar, se trece la depistarea defectelor.

Scanned with OKEN Scanner

Măsurarea rezistenţei de izolaţie se face după ce cablul a fost încercat la o tensiune de cinci ori mai mare decât tensiunea lui nominală. În cadrul acestei încercări, dacă izolaţia este slăbită, apar străpungeri şi aceste puncte pot fi puse mai uşor în evidenţă. Rezistenţa izolaţiei suferă modificări mari în timp, datorită solicitărilor cablului la transport, la montare, datorită tensiunii aplicate etc. De aceea, rezistenţele izolaţiei cablului la ieşirea din fabrică, înainte de montare şi după montare, vor fi diferite. Important este ca rezistenţa de izolaţie după montare să nu scadă sub o anumită valoare limită. De exemplu, în cazul cablurilor din *LES* de joasă tensiune, această limită este 2 MΩ. Măsurarea rezistenţei de izolaţie se poate face cu puntea simplă sau cu megohmmetrul.

După ce s-a constatat că şi rezistenţa de izolaţie este în limitele admisibile, cablul electric al *LES* se poate pune sub tensiune. Dacă *LES* cuprinde cabluri montate în paralel, înainte de punerea lor sub tensiune se efectuează identificarea fazelor pentru a se realiza conectarea corectă a acestora şi a se evita producerea scurtcircuitului.

Pe toată perioada montării *LES* se va da atenţie măsurilor specifice de tehnica securităţii muncii la:

— descărcarea tamburelor cu cabluri; rostogolirea acestora se face numai în sensul indicat de săgeată, spirele cablului strângându-se pe tambur;

— executarea şanţurilor în special în zonele în care există gospodării de cabluri sau alte conducte deja montate; peste şanţuri se vor prevedea podeţe pentru trecerea pietonilor sau poduri pentru autovehicule.

— pozarea cablurilor şi executarea lucrărilor de refacere a pavajelor, şi, în mod special, la traversări;

— verificările şi punerile sub tensiune ce se fac înainte de a se da în exploatare *LES*. La capetele *LES* se execută îngrădiri, se aşază la vedere plăcuţe avertizoare sau se postează persoane de pază pe toată durata verificărilor. Verificările se fac numai de personal special calificat.

4. ÎNTREŢINEREA ŞI EXPLOATAREA *LES*

Liniile electrice subterane sunt uşor de exploatat atâta timp cât nu a intervenit un defect, aceasta constând în:

— verificări periodice ale tensiunii (de fază şi de linie) în capătul de la consumator a *LES*. Verificarea se face prin măsurare cu voltmetrul de pe tablou sau cu unul portabil. Abaterile nu vor depăşi ±5% din tensiunea nominală 380/220 V;

— verificări periodice ale sarcinii *LES*, prin măsurarea intensităţilor curenţilor cu ampermetrele tabloului electric sau cu ampermetre portabile racordate prin intermediul unor reductoare de măsură speciale (tip cleşte);

— controlul rezistenţei de izolaţie, în special după perioadele de suprasarcină a *LES*;

— controlul rezistenţei electrice a conductoarelor cablului.

În cazul în care a apărut un defect pe *LES*, acesta se scoate de sub tensiune, se identifică şi se repară defectul şi apoi se repune sub tensiune.

Deranjamentele ce pot apărea în *LES* se pot datora:

— unor defecte de fabricaţie ascunse şi nedepistate (fisuri, incluziuni sau impurităţi în izolaţie, fisuri în mantaua de protecţie, bavuri pe conductoarele electrice etc.);

Scanned with OKEN Scanner

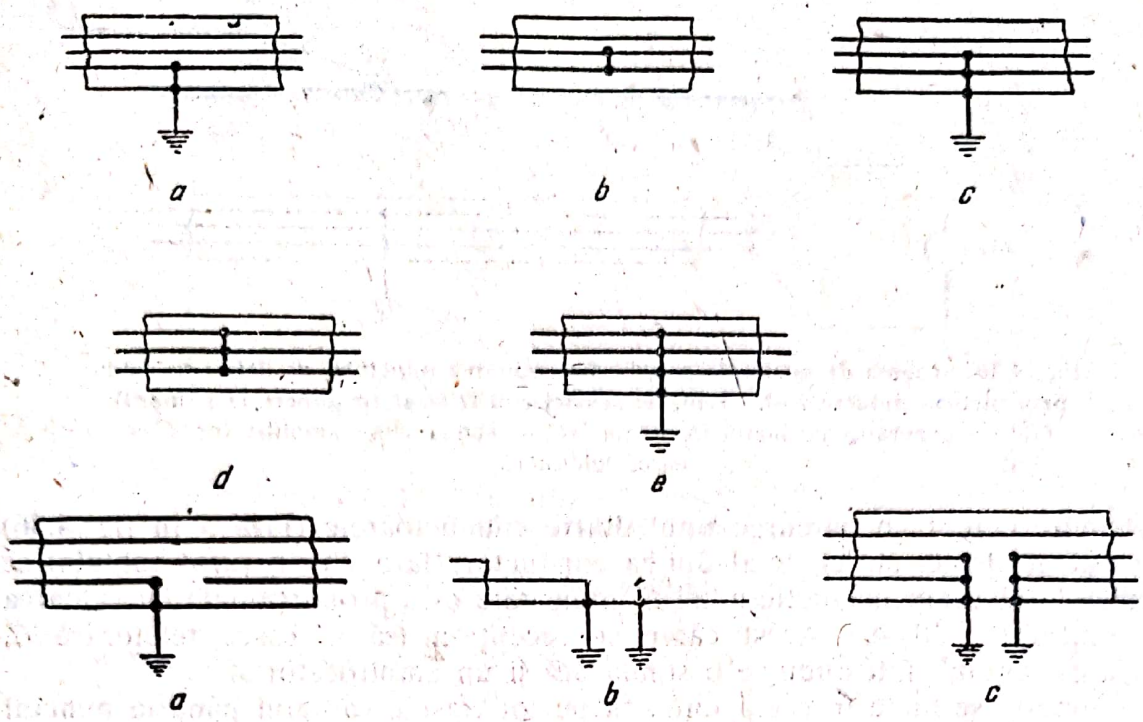


Fig. 4.34. **Defecte de izolaţie în cablurile electrice:**
a — punerea la pământ a unei faze; *b* — scurtcircuit între două faze; *c* — scurtcircuit între două faze cu punere la pământ; *d* — scurtcircuit între toate fazele; *e* — scurtcircuit între toate fazele cu punere la pământ.

Fig. 4.35. **Defecte de izolaţie însoţite de întreruperea conductoarelor din cablurile eletrice:**
a — o fază întreruptă cu una din porţiuni pusă la pământ; *b* — o fază întreruptă cu ambele porţiuni puse la pământ; *c* — două faze întrerupte cu ambele porţiuni puse la pământ.

— montării defectuoase ale cablurilor (răsucirea şi deformarea cablului, executarea incorectă a etanşeizării şi continuităţii electrice în manşoanele de derivaţie şi de legătură etc.);

— altor lucrări ce se execută pe traseul *LES* (în special în lucrările de excavare);

— acţiunii mediului şi îmbătrânirii în timp a materialelor din care este confecţionat cablul.

Toate defectele de mai sus se pot reduce la defecte de izolaţie şi la întreruperea conductoarelor.

Defectele de izolaţie conduc la punerea la pământ a uneia sau a mai multor faze sau la scurtcircuitarea între faze (fig. 4.34). Întreruperea conductoarelor pe una sau mai multe faze este, de regulă, însoţită de defecte de izolaţie, ceea ce conduce şi la scurtcircuite cu punere la pământ (fig. 4.35).

Se poate cosntata că defectele ce pot apărea în cablurile *LES* au cauze foarte diferite şi se pot prezenta sub diferite forme. Acest lucru, ca şi accesul greoi la locul defect, explică dificultatea mare în întreţinerea şi exploatarea *LES*. Pentru a determina punctul de defect în *LES* se utilizează, în prezent, diverse metode, în funcţie de natura defectului, rezistenţa de defect, lungimea cablului, tensiunea de utilizare a acestuia etc. Câteva din cele mai importante sunt:

● **Metoda inductivă.** Aceasta utilizează câmpul magnetic ce se formează în jurul cablului electric când este parcurs de curent de înaltă frecvenţă (fig. 4.36). Metoda se poate utiliza în toate cazurile când la punctul de defect se poate realiza o legătură electrică cu unul sau două conductoare printr-o rezistenţă mică. Cu ajutorul generatorului de înaltă frecvenţă (800—3000 Hz)

Scanned with OKEN Scanner

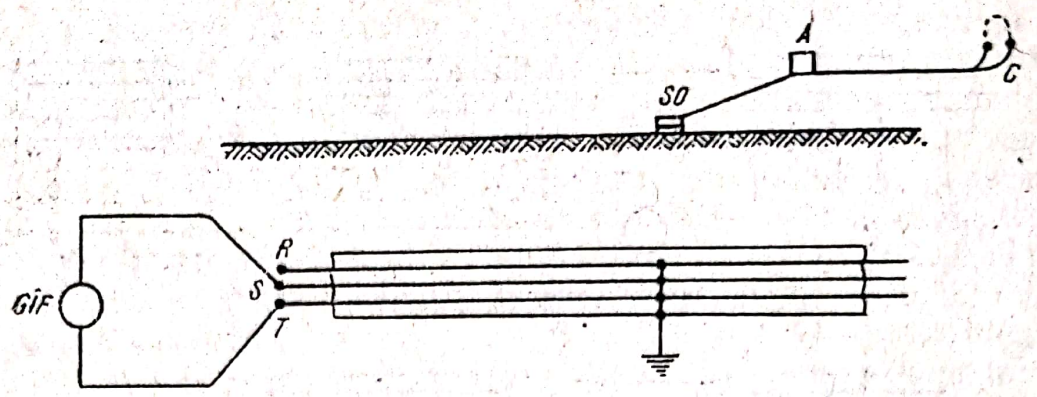


Fig. 4.36. Schema de principiu pentru determinarea punctului de defect în cablu prin metoda inductivă (de exemplu: scurtcircuit trifazat cu punere la pământ): *GIF* — generator de înaltă frecvenţă; *SO* — sondă; *A* — amplificator; *C* — cască telefonică.

se trimite curent ce parcurge unul dintre conductoarele (faza *S* în fig. 4.36) punctul de defect şi cel de-al doilea conductor (faza *T*). În jurul cablului se formează un câmp magnetic a cărui intensitate este proporţională cu valoarea curentului (5—20 A). Acest câmp se recepţionează în casca telefonică *C*, deasupra solului, folosindu-se o sondă *SO* şi un amplificator *A*.

Sunetul se aude în cască uniform pe tot traseul cablului până la punctul de defect (fig. 4.37). La locul defect, în cască se percepe un sunet mai puternic ce se atenuează în întregime după 0,1—1 m. Astfel se identifică punctul de defect, parcurgându-se cu sonda terenul de deasupra cablului.

● **Metoda în buclă.** Aceasta se utilizează când în cablu există cel puţin un conductor lipsit de defecte şi neîntrerupt (fig. 4.38). La unul dintre capetele cablului, conductorul lipsit de defecte *SS'* se leagă cu conductorul defect *TT'* prin legătura *S'T'* ce se realizează din funie de cupru cu papuci de alamă. La celălalt capăt se conectează o punte de măsură, la care rezistenţele R_1 şi R_2 se pot regla astfel încât, galvanometrul *G* să indice zero. Rezistenţa R_2 este rezistenţa conductorului pe lungimea *SS'T'M*, iar R_4 pe lungimea $MT = l_x$ (lungimea necunoscută). Când puntea este în echilibru, există relaţia:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4},$$

iar pe de altă parte:

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{\rho l\,[l + (l - l_x)]}{s} : \frac{\rho l_x}{s} = \frac{2l - l_x}{l_x} \qquad (4.5)$$

unde:

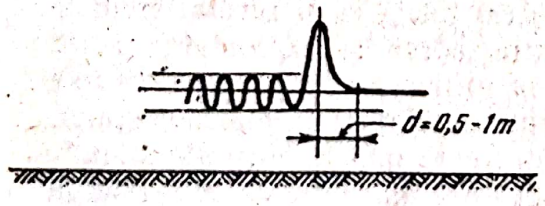


Fig. 4.37. Curba de audibilitate în casca telefonică deasupra unui cablu defect.

l este lungimea cablului;
l_x — distanţa până la punctul de defect;
ρ — rezistivitatea conductoarelor;
s — secţiunea conductoarelor.

Din relaţia (4.5) rezultă distanţa până la punctul de defect:

$$l_x = 2l \frac{R_3}{R_1 + R_3} \qquad (4.6)$$

ce poate fi uşor determinată. Pentru a se verifica dacă măsurarea este corectă, se

Scanned with OKEN Scanner

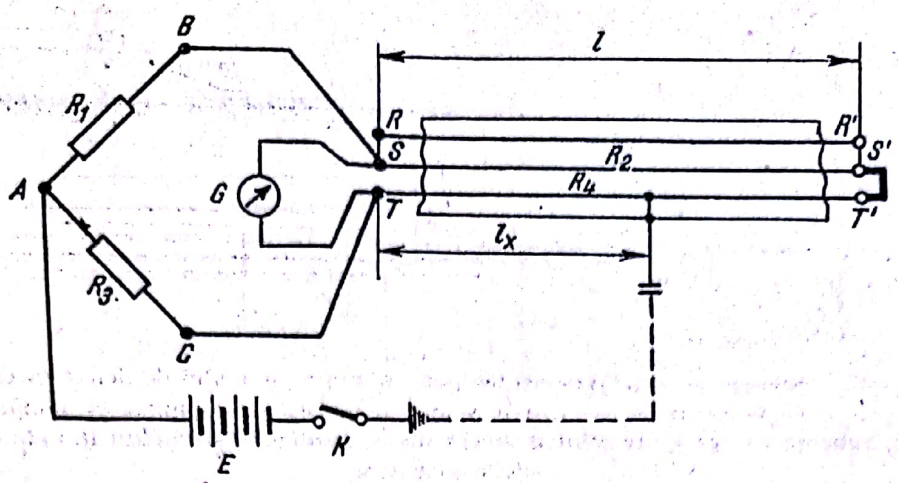


Fig. 4.38. **Schema de principiu pentru determinarea punctului de defect în cablu prin metoda în buclă.**

reface măsurarea la capătul opus. Va trebui să rezulte o distanţă până la punctul de defect egală cu $l - l_x$.

• **Metoda econometrică.** Metoda se bazează pe fenomenul de reflexie ce se produce într-un cablu în care s-a produs un defect. Se trimite de la capătul cablului un impuls electric periodic (impuls de sondaj). Acesta se reflectă la locul defectului şi impulsul poate fi recepţionat pe ecranul unui osciloscop. Se determină diferenţa de timp Δt între momentul când s-a înregistrat impulsul reflectat şi momentul când a pornit impulsul de sondaj. Distanţa până la punctul de defect este:

$$l_x = V_i \cdot \frac{\Delta t}{2} \qquad (4.7)$$

unde V_i este viteza impulsului de sondaj în conductor.

După determinarea punctului de defect în cablu, se procedează la repararea acestuia. Pentru aceasta se dezgroapă cablul, se identifică locul defect şi se înlătură porţiunea defectă a cablului, înlocuindu-se cu un tronson nou, prin manşoane de legătură. Dacă defectul este chiar în manşon, acesta se desface prin încălzire cu lampa cu benzină. Manşoanele din *PVC* nu mai pot fi refolosite, cele din plumb şi fontă se pot recupera. După îndepărtarea defectului se fac măsurări ale rezistenţei electrice a conductoarelor şi a izolaţiei. Apoi se face încercarea la tensiune mărită.

Numai după ce aceste verificări confirmă înlăturarea corectă a defectului, se trece la acoperirea cablului şi punerea lui sub tensiune. Locul defectului se marchează cu o bornă pe care se înscrie tipul joncţiunii şi data la care s-a efectuat reparaţia. Pe timpul reparării unui cablu defect, se iau aceleaşi măsuri de tehnică a securităţii muncii ca şi în cazul montării cablurilor *LES*.

• **Metoda acustică.** Această metodă se poate aplica pentru determinarea punctului de defect, în cazul punerii unei faze la pământ, dacă rezistenţa electrică a defectului este mică.

Schema de principiu este prezentată în figura 4.39. Pentru măsurare, între faza defectă şi mantaua metalică a cablului se aplică şocuri de tensiune cu o anumită frecvenţă. Acestea produc vibraţii sonore care se propagă prin sol şi pot fi recepţionate la suprafaţă cu un stetoscop *S* sau microfon etc. Şocurile

Scanned with OKEN Scanner

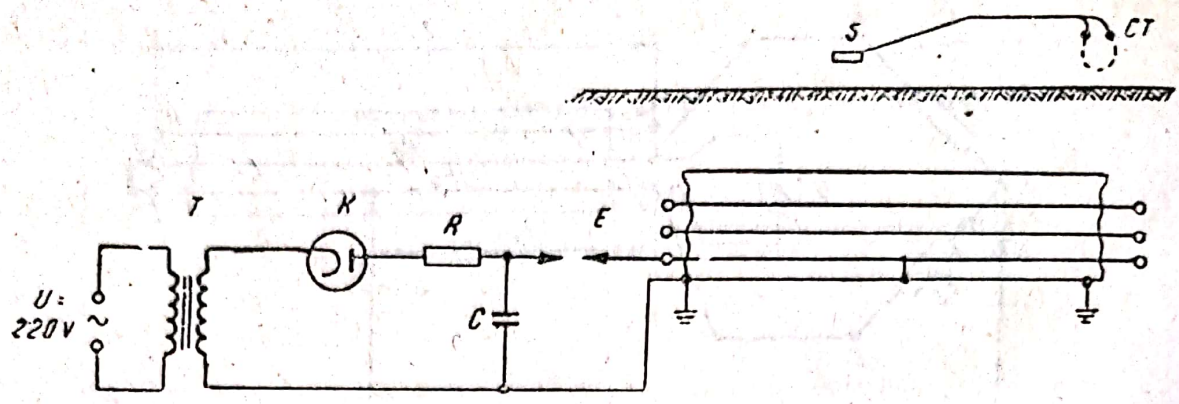


Fig. 4.39. Schema de principiu pentru determinarea punctului de defect în cabluri prin metoda acustică:
T — transformator de înaltă tensiune; *K* — kenotron; *E* — eclator; *CT* — cască telefonică; *S* — stetoscop.

de tensiune se pot produce utilizându-se un transformator de înaltă tensiune *T*, un tub electronic (kenotron) *K* pentru redresare, un eclator *E* şi un condenssator cu capacitatea $C = 2 - 4$ pF. În timpul producerii şocurilor de tensiune se ascultă vibraţiile sonore pe traseul cablului. Pentru o ascultare uşoară, tensiunea aplicată trebuie să fie de aproximativ 10 kV. În acelaşi timp este necesar să se cunoască şi poziţia manşoanelor pe traseu pentru a nu fi confundate cu defecte. Deasupra punctului de defect sunetul din cască se modifică sensibil, permiţând identificarea aestuia.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 5

ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICĂ A CONSUMATORILOR

A. RELAŢIA FURNIZOR-CONSUMATOR

Alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali se face prin racordarea lor la reţelele furnizorului pe baza unor relaţii tehnico-economice care se stabilesc între unitatea consumatoare şi unitatea furnizoare din judeţul respectiv. În acest scop, în faza de proiectare, beneficiarul (consumatorul) prezintă unităţii furnizoare sau organelor ierarhice superioare de conducere ale acesteia, în funcţie de nivelul de competenţă pe care legea îl stabileşte pentru fiecare, pe baza valorii puterii maxime absorbite şi a cantităţii de energie electrică, o documentaţie tehnico-economică ce trebuie să conţină:

- **Justificarea tehnico-economică a alegerii energiei electrice, faţă de alte forme de energie, pentru realizarea proceselor tehnologice.** Această formă de energie nu este de exemplu justificată în procese de încălzire, topire sau tratamente termice, în care pot fi folosiţi şi alţi agenţi purtători de energie, cum ar fi combustibilii, aburul, apa fierbinte, gazele de ardere recuperate din procese tehnologice etc.

- **Consumurile specifice energetice,** ale căror valori trebuie să se situeze la nivelul celor mai scăzute obţinute pe plan mondial sau naţional, obligând prin aceasta consumatorul de a introduce cele mai noi realizări ale ştiinţei şi tehnicii în domeniul respectiv.

- **Justificarea cerinţelor privind asigurarea continuităţii în alimentarea cu energie electrică a consumatorului, în funcţie de natura efectelor produse de întreruperi.**

În România, în funcţie de sarcina maximă de durată şi de condiţiile de continuitate cerute de consumatori, alimentarea din reţelele furnizorului se poate realiza la următoarele niveluri de siguranţă:

— *nivelul 1:* prin două căi de alimentare independente, cu comutarea automată a alimentării, în caz de avarie a unei căi şi cu o durată de întrerupere a consumatorului de maximum 3 secunde;

— *nivelul 2:* prin două căi de alimentare care nu sunt independente (alimentare din aceeaşi sursă), cu o durată de întrerupere a consumatorului de la 3 minute la 16 ore;

— *nivelul 3:* printr-o singură cale de alimentare, care, în caz de avarie, întrerupe consumatorul până la repararea sau înlocuirea elementelor defecte.

Scanned with OKEN Scanner

Varianta optimă de alimentare cu energie electrică se stabileşte prin compararea tehnico-economică a tuturor variantelor luate în considerare, pe baza unui indicator de eficienţă economică denumit *Cheltuieli totale minime actualizate* (CTA), ce ţine seama de investiţiile totale, cheltuielile anuale de exploatare, valoarea daunelor probabile, durata de execuţie a lucrărilor de investiţii etc.

Pentru receptoarele de categoria „O", definite în capitolul 1 al manualului, este necesar ca consumatorul să prevadă surse proprii de intervenţie, dimensionate pentru furnizarea integrală a puterii absorbite de această categorie de receptoare.

• **Indicarea parametrilor calitativi ai energiei electrice: frecvenţa şi tensiunea.** Pentru aceste mărimi se stabilesc anumite valori: nominale, iar abaterile maxime, în plus sau în minus, sunt precizate în prescripţii sau norme. Astfel:

— *pentru frecvenţă:* valoarea nominală 50 Hz, cu abaterea +0,05 Hz... — — 0,1 Hz;

— *pentru tensiune:* valorea nominală, cu abatere de ±5%... ±7,5%.

Menţinerea frecvenţei în limitele admisibile este o problemă de exploatare a centralelor electrice.

Menţinerea tensiunii este numai într-o mică măsură o problemă de proiectare şi exploatare a centralelor electrice; în schimb este o problemă esenţială în proiectarea şi exploatarea reţelelor şi sistemelor electrice.

• **Măsurile preconizate pentru ameliorarea factorului de putere mediu lunar** ($\cos \varphi_m$) **până la valoarea prevăzută de legislaţia în vigoare.** Valoarea factorului de putere mediu lunar se determină după relaţia:

$$\cos \varphi_m = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} \qquad (5.1)$$

în care W_r este energia reactivă, W_a — energia activă, ambele determinate fie printr-un calcul estimativ, pe baza curbei de sarcină lunare (în cazul întocmirii documentaţiei pentru obţinerea acordului), fie pe baza înregistrărilor contoarelor de energie activă şi reactivă, pe timp de o lună (în cazul exploatării acestor instalaţii).

• **Principalele caracteristici tehnice ale instalaţiei: puteri instalate, puteri maxime absorbite, indicarea utilajelor care produc şocuri de puteri active şi reactive în reţelele furnizorului, nesimetrii, deformarea undei de tensiune** etc.

În urma analizării acestei documentaţii, furnizorul eliberează acordul pentru racordarea la reţeaua furnizorului a instalaţiei proiectate. După realizarea investiţiilor şi verificărilor stării tehnice a instalaţiilor, conform prescripţiilor în vigoare (probe de laborator), între furnizor şi consumator se încheie un act oficial denumit *contract de furnizare a energiei electrice,* în care sunt înscrise drepturile şi obligaţiile fiecărei părţi contractante.

Scanned with OKEN Scanner

Livrarea energiei electrice din reţelele furnizorului începe din momentul în care consumatorul depune la sediul furnizorului dosarul instalaţiilor sale energetice (scheme, caracteristici tehnice, fişe de verificări ale aparatelor etc.) şi un exemplar din contractul încheiat.

Pe parcursul exploatării, furnizorul este obligat de lege să efectueze controale periodice la consumator, verificând modul în care se respectă prevederile contractului, precum şi modul în care consumatorul utilizează cu maximă eficienţă energia electrică primită şi este preocupat de gospodărirea acesteia.

• **Eficienţa economică a investiţiilor şi cheltuielilor anuale.** Este o condiţie de care se ţine seama la alegerea schemelor de conexiuni, frânând, în general, tendinţa de a se adopta scheme bogate, considerate foarte sigure, întrucât fiecare aparat nou introdus în schemă constituie el însuşi o sursă de avarii.

Cheltuielile anuale sunt formate, pe de o parte, din amortizări, cheltuieli de întreţinere şi salarii, şi, pe de altă parte, din costul pierderilor de energie electrică ce intervin.

Atât investiţiile cât şi cheltuielile anuale sunt elemente de comparaţie tehnico-economice a variantelor analizate.

• **Condiţii particulare.** Acestea se referă la suprafaţa terenului disponibil, dispoziţia constructivă a elementelor schemei, limitarea curenţilor de scurtcircuit etc.

B. ALCĂTUIREA GENERALĂ A INSTALAŢIILOR PENTRU ALIMENTAREA CONSUMATORILOR

În figura 5.1 este reprezentat, într-o schemă bloc generală, modul de alimentare a unui consumator industrial complex, de categoria 0. Se remarcă următoarele:

• Alimentarea de bază se face din sistem prin racordul electric compus din: linia electrică de transport 220 ... 110 kV LET_I şi staţia de transformare coborâtoare 220÷110 kV/6 ... 20 kV, ST_{CI}.

Reţelele de distribuţie din incinta consumatorului cuprind:

— liniile de medie tensiune şi punctele de alimentare *PA*, prin care se alimentează receptoarele de medie tensiune (motoare sincrone, asincrone de puteri mari, staţii de redresare etc.);

— liniile de medie tensiune şi posturile de transformare (din exterior sau din ateliere), din care apoi se ramifică distribuţia în joasă tensiune 380/220 V la tablourile electrice (principale şi secundare) *TE*, iar din acestea pleacă circuitele spre receptoarele de joasă tensiune (motoare asincrone de puteri mari, staţia de încărcare acumulatoare, iluminatul şi prizele etc.).

• Alimentarea de rezervă se face tot din sistem, însă pe o altă cale electrică (linia LET_{II}, staţia ST_{CII}, astfel încât, privit la nivelul sistemului electric, consumatorul este prins într-o reţea buclată (reţea cu posibilitate de alimentare din ambele capete).

• Receptoarele consumatorului sunt grupate pe barele de alimentare, în funcţie de importanţa lor: *vitale*, care nu pot admite o întrerupere, chiar de scurtă durată, în alimentarea cu energie electrică, şi cele de *sacrificiu*, care, în cazul unei avarii pe partea de alimentare din sistem, sunt deconectate.

Scanned with OKEN Scanner

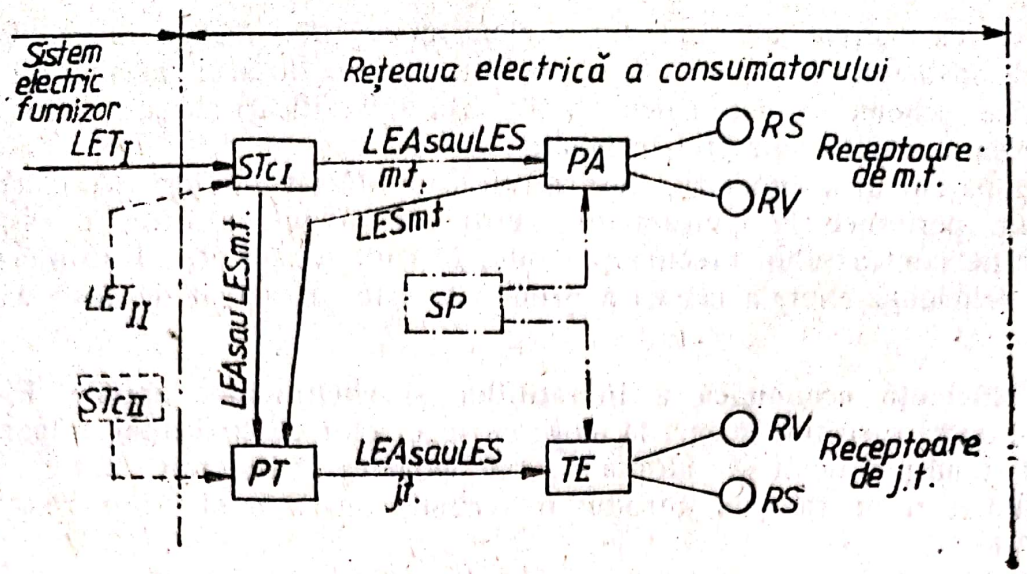


Fig. 5.1. Schema bloc generală a alimentării consumatorului:

— alimentare normală, din sistem;
--- alimentare de rezervă;
--- alimentare din surse proprii:
ST_C — stație electrică de transformare, coborâtoare; *PA* — punct de alimentare; *PT* — post de transformare; *TE* — tablou electric; *LEA* — linie electrică aeriană de distribuție; *LES* — linie electrică subterană de distribuție; *LET* — linie electrică de transport; *RS* — receptor de sacrificiu; *RV* — receptor vital; *SP* — surse proprii; *m.t.* — medie tensiune; *j.t.* — joasă tensiune.

În grupa celor vitale intră fie receptoarele aflate în funcțiune în momentul avariei, fie cele care trebuie să intre în funcțiune în caz de avarie (instalațiile de iluminat de siguranță, motoare ce antrenează utilaje dintr-un flux tehnologic, care prin nefuncționare ar produce explozii sau asfixieri etc.).

• În cazul dispariției alimentării din sistem atât a celei normale, cât și a celei de rezervă, în scopul continuării funcționării receptoarelor vitale (deci cu o reducere a puterii absorbite din regimul normal), se introduce sursa proprie (grupuri electrogene, acumulatoare etc.).

• În structura rețelei electrice a consumatorului, legăturile între elemente sunt duble (de ex.: *PA* cu *PT*), realizându-se de regulă, o buclare a posturilor de transformare *PT* și a punctelor de alimentare *PA*.

Pe măsură ce categoria consumatorului și puterea lui instalată scad, schema bloc din figura 5.1. se simplifică, și unele elemente din rețeaua consumatorului trec în sistemul electric furnizor.

Exemple de cazuri simplificate

Cazul 1. Consumatorul este de categoria 3, cu o putere instalată de 1000 kVA. Rețeaua consumatorului se reduce la elementele: postul de transformare *PT*, liniile de joasă tensiune, tablourile electrice *TE* și receptoarele de joasă tensiune. Racordul alimentării va consta doar din echiparea unei celule în stația STc_I și linia medie de tensiune ce leagă ST_{cI} cu *PT* (alimentare radială, ST_{cI}, *PA* și legăturile dintre ele intră în sistemul electric al furnizorului.

Cazul 2. Consumatorul este de tip casnic. Schema bloc se reduce doar la linia de joasă tensiune (rețeaua publică) și tabloul *TE*. Racordul alimentării se numește în acest caz *bransament* și el poate fi monofazat, dacă intensitatea curentului consumatorului este sub 30 A, și trifazat, când depășește această valoare. Toate celelalte elemente intră în sistemul electric furnizor.

Scanned with OKEN Scanner

C. DESCRIEREA ELEMENTELOR COMPONENTE ALE REŢELEI ELECTRICE A CONSUMATORULUI

În cele ce urmează se va face descrierea sumară a staţiei de transformare-coborâre *STc*, a postului de transformare *PT* şi a punctului de alimentare *PA*, restul elementelor fiind analizate în capitolele anterioare.

1. STAŢIA DE TRANSFORMARE COBORÂTOARE

Staţia de transformare coborâtoare este unitatea electrică, parte componentă din sistemul electric, care redistribuie energia electrică spre consumatori din treapta de tensiune înaltă (110, 220 kV) în treapta de tensiune medie (6 ... 35 kV).

Constructiv, acesta poate fi: *de tip interior* (în clădire) şi *de tip exterior.*

La o staţie de disting următoarele părţi caracteristice:

— **schema electrică de conexiuni;**
— **echipamentul electric;**
— **partea de construcţie.**

a. Schema electrică de conexiuni

Schema electrică de conexiuni este reprezentarea convenţională a poziţiei şi legăturilor funcţionale ale echipamentelor componente ale unei instalaţii electrice. Echipamentele electrice se împart în două grupe principale:

— echipamente care participă direct la producerea, transformarea, transportul şi distribuţia energiei electrice, formând grupa de *echipament primar* (transformatoare, linii electrice, separatoare, întreruptoare etc.);

— echipamente care au rol de comandă, protecţie, automatizare a funcţionării echipamentului primar, formând grupa de *echipament secundar* (aparate de control, măsură, semnalizare etc.).

Circuitele electrice pe care sunt montate echipamente primare se numesc *circuite primare,* iar cele pe care sunt montate echipamente secundare se numesc *circuite secundare.*

Schema electrică de conexiuni care cuprinde numai circuite primare se numeşte *schema electrică de conexiuni a circuitelor primare* (schema primară), iar cea care cuprinde circuite secundare se numeşte *schemă electrică de conexiuni a circuitelor secundare* (schema secundară).

În continuare se studiază numai schemele primare, întrucât celelalte fac obiectul altor discipline tehnice.

După modul de reprezentare, **schemele primare** se împart în:

— *scheme monofilare* (principiale şi complete), în care cele trei faze (la cele cu patru conductoare nulul se indică separat) sunt reprezentate printr-o singură linie, iar aparatajul, prin simbolul corespunzător reprezentării monofilare (fig. 5.2. *a* şi *b*);

— *scheme trifilare,* în care fiecare fază se reprezintă separat, iar aparatajul, prin simbolul corespunzător reprezentării trifilare (fig. 5.2, *c*).

În schema monofilară dispunerea aparatelor se face în ordinea rolului lor funcţional din circuit şi după modul de funcţionare a aparatului (în serie: întreruptor, separator etc., sau în derivaţie: circuitul primar al transformatorului de tensiune, descărcătoarele etc.).

Scanned with OKEN Scanner

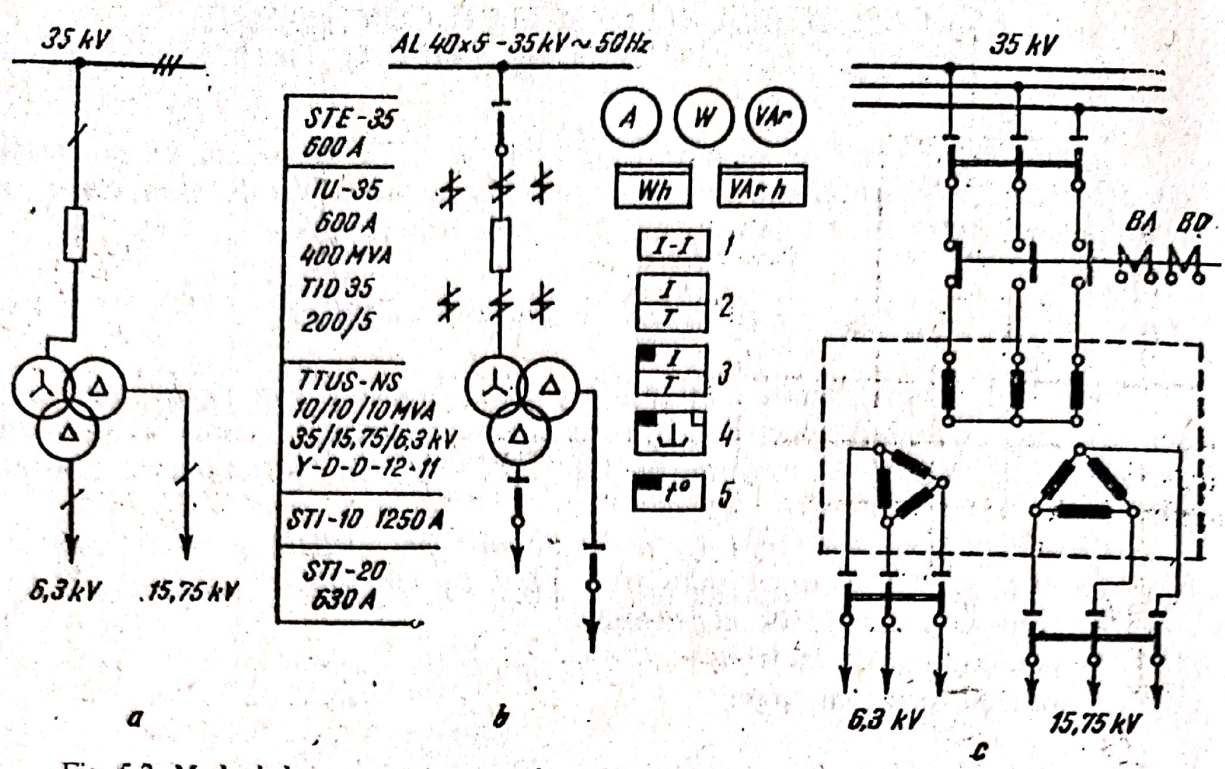


Fig. 5.2. **Moduri de reprezentare a schemelor de conexiuni de comutaţie primară:** *a* — schemă monofilară principială; *b* — schemă monofilară completă; *c* — schemă trifilară; *A* — ampermetru; *W* — wattmetru; *VAr* — varmetru; *Wh* — contor de energie activă; *VArh* — contor de energie reactivă; *1* — protecţia prin relee diferenţială; *2* — protecţia prin relee maximală de curent, cu temporizare; *3* — semnalizarea suprasarcinii; *4* — protecţia de gaze; *5* — semnalizarea supratemperaturii.

În cadrul staţiei, legătura circuitelor din aceeaşi treaptă de tensiune se face prin intermediul barelor colectoare şi de transfer (numai în treapta 110 ... 400 kV), fiind executate fizic fie din conductoare de Cu sau Al multifilare (în staţiile exterioare), fie din bare de Cu sau Al cu secţiune dreptunghiulară (în staţiile interioare).

Barele colectoare pot fi: *simple,* secţionate sau nesecţionate longitudinal, sau *duble*, secţionate sau nu longitudinal. Barele duble sunt alcătuite din două sisteme: sistemul *I* de bare şi sistemul *II* de bare, legătura între ele făcându-se printr-o *cuplă transversală,* având două separatoare şi un întreruptor, iar barele colectoare şi barele de transfer prin *cupla de transfer*, având trei separatoare şi un întreruptor.

În figura 5.3 este reprezentată schema monofilară a unei staţii coborâtoare, cuprinzând:

— *în treapta de 110 ... 220 kV:* bare duble, sistem *I* şi *II*, bare de transfer, cuplele transversală şi de transfer, două circuite de linii de înaltă tensiune L_1 şi L_2, câte un circuit de măsură a tensiunii pe fiecare sistem de TM_1, TM_2, câte un circuit de descărcătoare pe fiecare sistem de bare D_1, D_2 (aparate de protecţie împotriva supratensiunilor ce pot apărea acccidental în instalaţie fie prin descărcările electrice atmosferice, fie prin manevre greşite şi defecţiuni în instalaţii), două circuite cu transformatoare de putere coborâtoare T_1, T_2;

— *în treapta de 6 ... 20 kV:* bare duble, secţionate longitudinal în secţiile *1* şi *2* legate prin *cuple longitudinale*, patru circuite de măsură TM_3, TM_4, TM_5, TM_6 şi descărcătoarele D_3, D_4, D_5, D_6, două circuite linii de medie tensiune L_3, L_4.

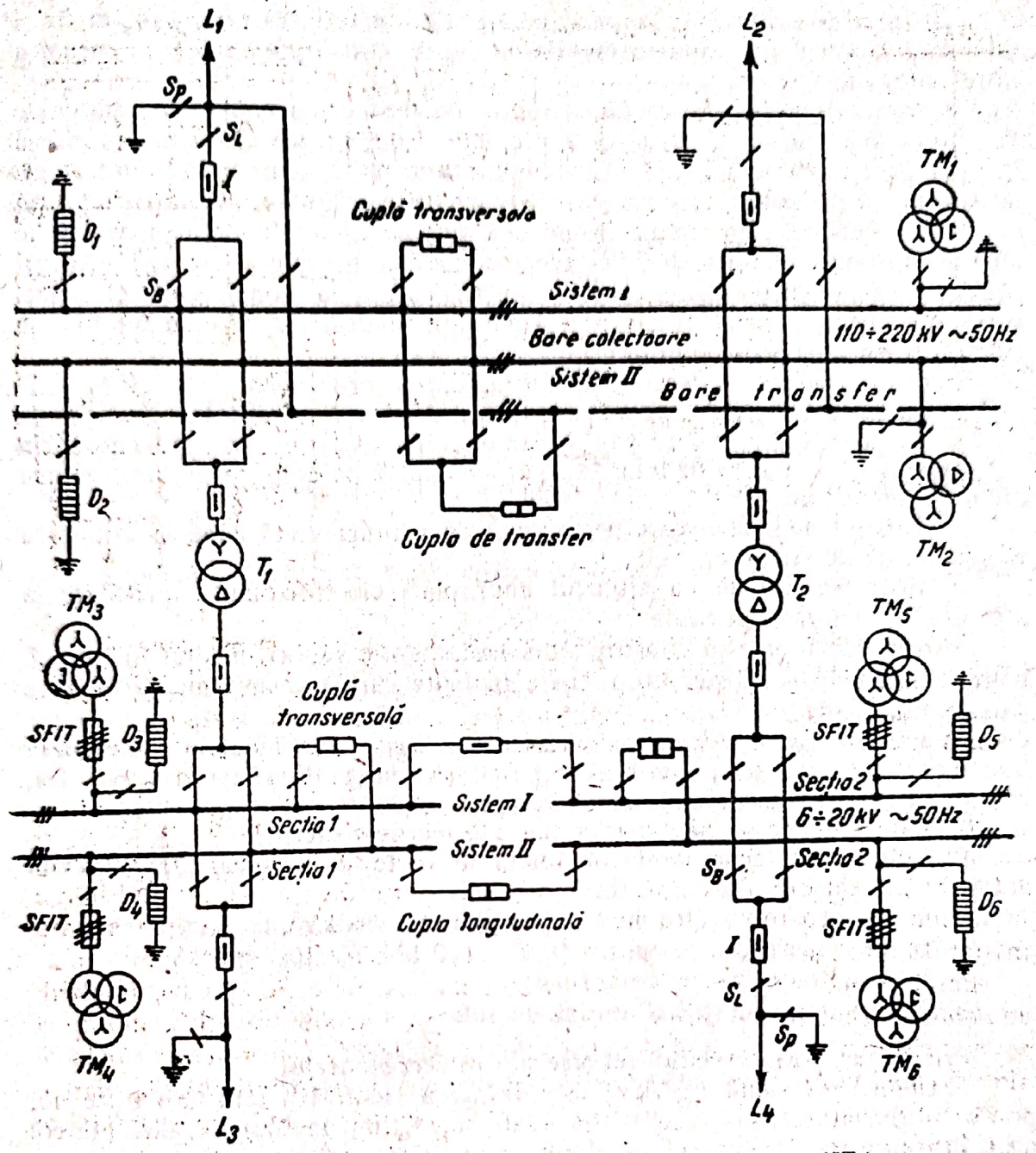


Fig. 5.3. **Schema monofilară a unei instalaţii coborâtoare** (*STc*):
SB — separator de bară; *SL* — separator de linie; *Sp* — separator (cuţit) de legare la pământ; *I* — întreruptor; *SFIT* — siguranţa fuzibilă de înaltă tensiune.

b. Echipamentul electric

Principalele aparate de comutaţie primară sunt: întreruptoarele, separatoarele şi siguranţele fuzibile.

● **Întreruptoarele de înaltă tensiune.** Acestea sunt aparate destinate să stabilească, să suporte şi să întrerupă curenţii în condiţii normale de funcţionare a circuitului, precum şi în condiţii anormale, cum sunt cele de scurtcircuit.

Construcţie. Un întreruptor este constituit din următoarele elemente principale: sistemul de stingere a arcului electric, sistemul izolator, dispozitivul de acţionare, construcţia metalică de asamblare a elementelor de mai sus.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul de contacte comportă, pentru fiecare fază, câte un contact fix şi unul mobil, sau două contacte mobile de cupru, constituind calea de curent a întreruptorului.

Sistemul de stingere a arcului electric. La desfacerea contactelor parcurse de curent apare arcul electric, ce reprezintă o descărcare electrică autonomă în gaze, care se caracterizează prin temperatură înaltă, luminozitate puternică, iar din punct de vedere electric, o rezistenţă neliniară, care lasă să treacă prin coloana sa curentul din circuit. Arcul electric solicită suplimentar aparatul la: eforturi *mecanice,* datorită forţelor electrodinamice pe care le creează, eforturi *termice,* prin apariţia temperaturii ridicate în zona contactelor electrice, solicitări *electrice,* prin micşorarea rigidităţii dielectrice a elementelor de izolaţie şi apariţia unor supratensiuni.

Pentru stingerea lui, se folosesc următoarele procedee:

— mărirea vitezei de îndepărtare a contactelor întreruptorului;

— suflajul cu aer sau gaz (introdus din exterior sau provenit prin descompunerea uleiului) în lung sau perpendicular pe coloana arcului, pentru răcire şi deionizare;

— suflajul magnetic; care are scopul de a lungi arcul până la atingerea valorii limită de stingere;

— divizarea arcului cu ajutorul unor plăci electroizolante rezistente la arc, situate în lungul acestuia.

Sistemul izolator este constituit din izolatoarele suport, mediul în care se găsesc contactele (ulei, aer etc.), tijele izolante care transmit mişcările între părţile mobile etc.

Dispozitivul de acţionare asigură deschiderea şi închiderea completă a întreruptorului, contactele mobile trebuind să ajungă la sfârşitul cursei lor, independent de viteza de acţionare. După agentul care acţionează dispozitivul, acesta poate fi: manual, pneumatic, electric, mecanic etc.

Clasificare. Întreruptoarele de înaltă tensiune se clasifică după criteriul mediului de stingere a arcului, în:

— întreruptoare cu ulei mult (*IU, IUM;* 6 ... 36 kV);

— întreruptoare cu ulei puţin (*IUP* ...110 kV; *IO* 10—400 kV);

— întreruptoare cu aer comprimat;

— întreruptoare cu hexafluorură de sulf.

Principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor

Tensiunea nominală U_n (kV) este valoarea efectivă a tensiunii între doi poli ai întreruptorului la care acesta poaté lucra timp îndelungat, fără pericol de conturnare sau străpungere a elementelor sale izolante.

Curentul nominal I_n (A) este valoarea efectivă a curentului pentru care sunt calculate condiţiile de încălzire şi funcţionare în regim permanent.

Puterea de rupere nominală S_m (*MVA*) este definită prin relaţia:

$$S_m = \sqrt{3} I_m \cdot U_n \tag{5.2}$$

în care I_m este curentul nominal de rupere definit ca valoare efectivă a curentului maxim care poate fi întrerupt sigur de întreruptor la o tensiune a instalaţiei egală cu tensiunea nominală a întreruptorului.

Timpul de deschidere (s) este intervalul de timp din momentul în care mărimea ce acţionează asupra dispozitivului asociat cu întreruptorul atinge valoarea de lucru şi momentul separării contactelor cu stingerea completă a arcului electric format.

Scanned with OKEN Scanner

• **Separatoarele de înaltă tensiune.** Sunt aparate de comutaţie, care, pentru motive de securitate, asigură în poziţia deschis o distanţă de izolare predeterminată între bornele fiecărui pol. Separatorul neavând dispozitiv de stingere a arcului electric, deschiderea lui sub curent poate să conducă la urmări grave atât pentru operator, cât şi pentru instalaţia respectivă, datorită arcului electric deschis care se formează între contactele sale. Deschiderea separatorului în instalaţie trebuie să fie deci precedată de deconectarea întreruptorului. Un separator este constituit din următoarele elemente principale: sistemul de contacte, sistemul izolator, dispozitivul de acţionare şi construcţia metalică. Dispozitivele de acţionare pot fi: manuale, electrice, pneumatice.

Pentru a uşura recunoaşterea tipurilor de separatoare produse în ţara noastră se foloseşte următorul sistem de simbolizare: *S* — separator; *M* — monopolar; *B* — bipolar; *T* — tripolar; *I* — de interior; *E* — de exterior; *P* — cu cuţite (contacte mobile) de legare la pământ. Grupa întâi de cifre arată tensiunea nominală în kV, iar grupa a doua arată curentul nominal în A.

Exemplu. *STE P-20-600:* separator tripolar de exterior, cu cuţite de legare la pământ 20 kV, 600 A.

Principalele caracteristici tehnice ale separatoarelor

Tensiunea nominală U_n (kV) este valoarea efectivă a tensiunii, măsurată între doi poli ai separatorului, la care elementele izolante ale separatorului pot rezista un timp îndelungat şi sub care se pot face manevre de închidere şi deschidere ale aparatului în numărul şi intervalele de timp prescrise.

Curentul nominal I_n (A) este valoarea efectivă a curentului ce poate trece un timp îndelungat prin contactele separatorului fără a exercita un efort termic sau electrodinamic deosebit.

• **Siguranţele fuzibile de înaltă tensiune.** Principiul de funcţionare, ca şi caracteristicile tehnice sunt aceleaşi ca şi pentru cele de joasă tensiune, descrise în capitolul 3.

Domeniul de folosire a siguranţelor de înaltă tensiune se limitează în gama de tensiuni 6 .. 35 kV la următoarele circuite:

— circuitul transformatorului de putere până la 260 kVA din posturile aeriene;

— circuitul transformatorului de măsură de tensiune;

— circuitul unor motoare de înaltă tensiune, asociate cu aparate de conectare şi deconectare a circuitului sub curent.

O siguranţă fuzibilă de înaltă tensiune are următoarele *elemente componente:*

— cadrul metalic cu izolatoarele suport;

— contactele fixe montate pe izolatoarele suport şi între care se introduce portfuzibilul;

— portfuzibilul (patron), confecţionat din material izolant (porţelan), având nisip de cuarţ;

— elementul fuzibil, confecţionat din Cu sau Ag şi pe care sunt aplicate bobiţe de dizolvant metalic (plumb, cositor), cu scopul de a reduce artificial temperatura de topire a fuzibilului.

Notaţia siguranţelor fuzibile se face după tipul circuitului şi locul de montare:

Scanned with OKEN Scanner

SFI — circuitul de motoare şi transformatoare-interior;
SFE — circuitul de motoare şi transformatoare-exterior;
SFIT — circuitul transformatoarelor de tensiune-interior;
SFET — circuitul transformatoarelor de tensiune-exterior.

c. Partea de construcţie

La o staţie electrică coborâtoare se disting următoarele elemente:
— spaţii tehnologice;
— spaţii pentru repararea şi depozitarea aparatelor şi materialelor;
— spaţii cu caracter administrativ şi grup social.

Spaţiile tehnologice adăpostesc echipamentele electromecanice şi în ele se desfăşoară conducerea şi execuţia operativă a primirii şi redistribuirii energiei electrice. Aceste spaţii sunt interioare clădirii staţiei sau exterioare ei. În spaţiile tehnologice se găsesc: camera de comandă, instalaţiile de distribuţie interioare şi exterioare de înaltă tensiune, serviciile interne de curent continuu şi curent alternativ, tunelurile şi canalele de cabluri, boxele de transformatoare.

• **Camera de comandă** este dispusă la etajul clădirii, izolată fonic şi termic şi iluminată artificial prin panouri luminoase pentru uniformizarea iluminării şi evitarea orbirii şi umbrelor.

În figura 5.4 este arătată dispunerea echipamentului. Pe tabloul central *2* se găsesc panourile de comandă (fig. 5.5.) pe care sunt marcate prin scheme monofilare circuitele primare cu semnalizarea poziţiei închis sau deschis a separatoarelor şi întreruptoarelor, precum şi aparatele indicatoare cu care sunt prevăzute acestea; tabloul central conţine toate circuitele pe treptele de tensiune existente în staţie şi dispuse în ordinea exemplificată în figura 5.4. Pe panoul *3* al tabloului central sunt dispuse toate semnalizările optice şi acustice prin care personalul de exploatare este avertizat la apariţia unei avarii (lumină intermitentă şi sună hupa), sau la depăşirea anumitor parametri controlaţi (semnalizare de prevenire) (lumină continuă şi sună soneria).

În spatele tabloului central se găsesc stelajele metalice *5* pe care sunt dispuse aparatele înregistratoare (contoare de energie activă şi reactivă, înregistratoare pentru variaţii de tensiune, de frecvenţă etc.).

În dulapurile *4* sunt dispuse, corespunzător circuitelor şi treptelor de tensiune de staţie, aparatele pentru protecţie prin relee şi automatizări.

În partea centrală a camerei de comandă se găseşte pupitrul-birou *1* pe care sunt dispuse elementele de comandă ale aparatelor de comutaţie primară, staţiile de radio şi telefonie pentru legătura cu organele de conducere şi coordonare operativă de exploatare din sistem (dispeceratele teritoriale). Tot aici sunt ţinute în ordine şi la zi toate documentele staţiei (evidenţe de exploatare, de instructaj, de revizii, reparaţii etc.).

• **Instalaţii de distribuţie** servesc la primirea şi distribuirea energiei electrice şi cuprind, în general: aparatele de comutaţie primară şi secundară, barele şi conductoarele de legătură, diferite dispozitive şi elemente auxiliare, legate conform unor scheme de conexiuni, precum şi construcţii aferente. Ele se construiesc pe trepte de tensiuni: 6 ... 20 kV (de regulă interioare) şi 110, 220 kV (exterioare).

Instalaţiile de distribuţie sunt constituite din celule. Celula reprezintă spaţiul în care este dispus echipamentul electric al unui singur circuit dintr-o

Scanned with OKEN Scanner

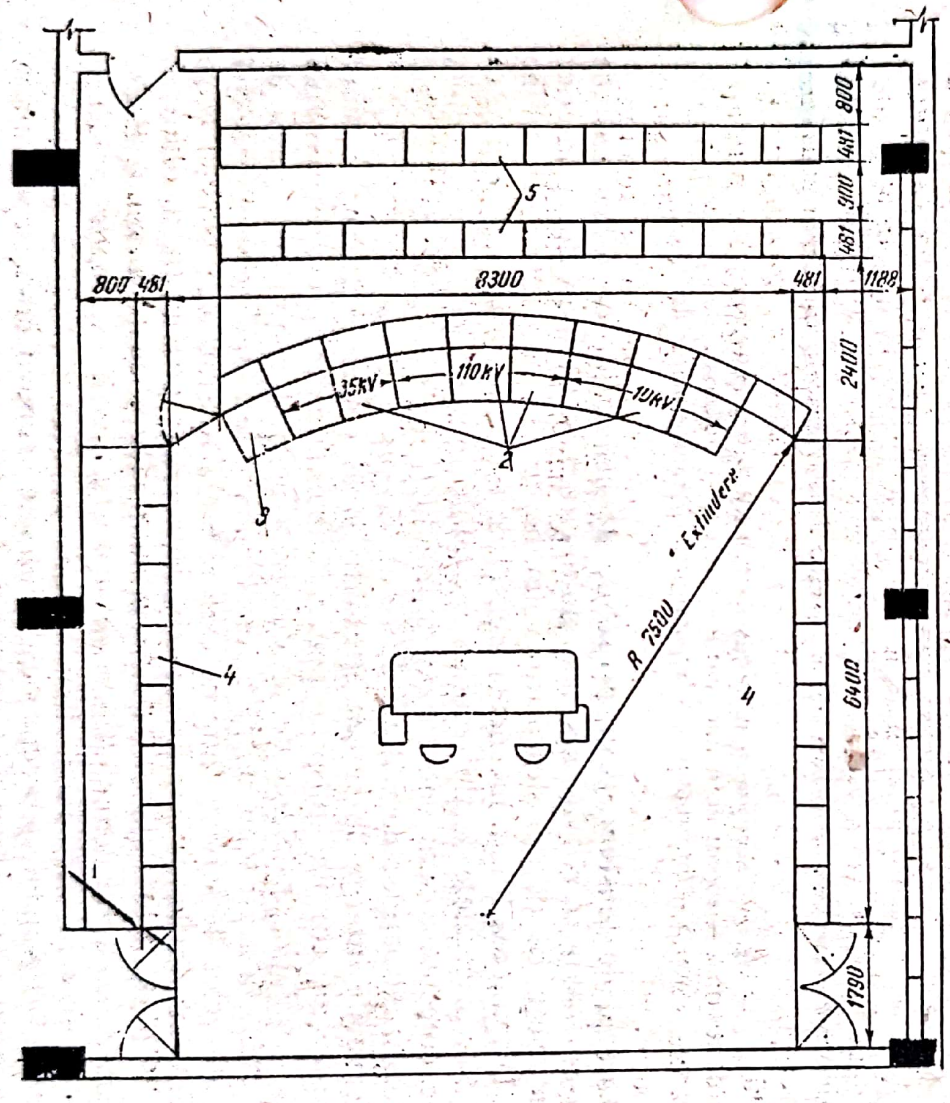


Fig. 5.4. **Camera de comandă:**
1 — pupitrul-birou; *2* — tabloul central; *3* — panou de semnalizări; *4* — dulapuri pentru aparate de protecţie; *5* — stelaje pentru aparate înregistratoare.

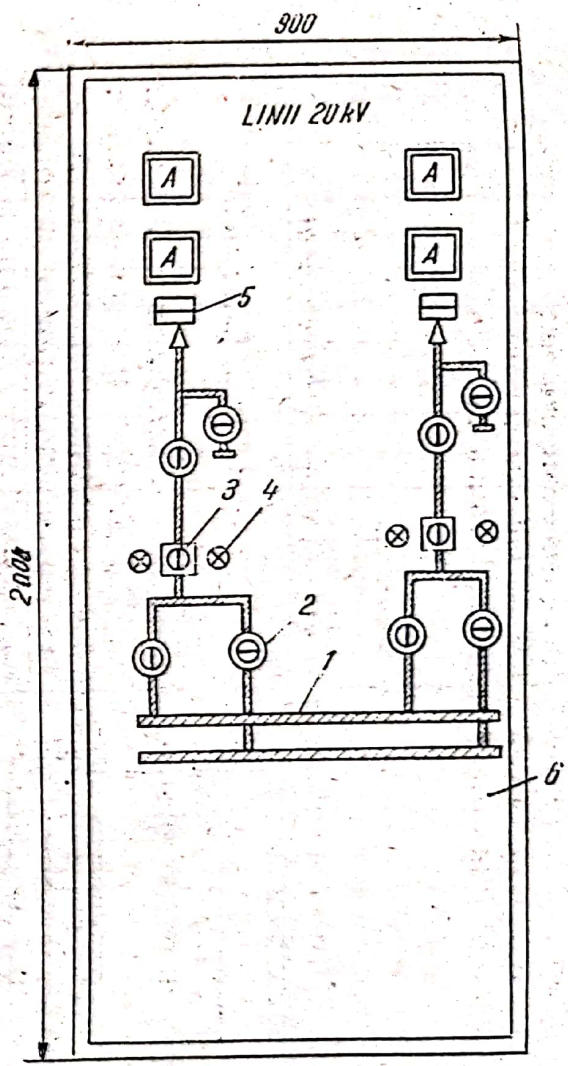


Fig. 5.5. **Vederea din faţă a unui panou de comandă:**
1 — schema oarbă; *2* — indicator de poziţie separator; *3* — cheie de comandă; *4* — lampă semnalizare poziţie întreruptor; *5* — etichete; *6* — stelaj metalic acoperit cu tablă.

Scanned with OKEN Scanner

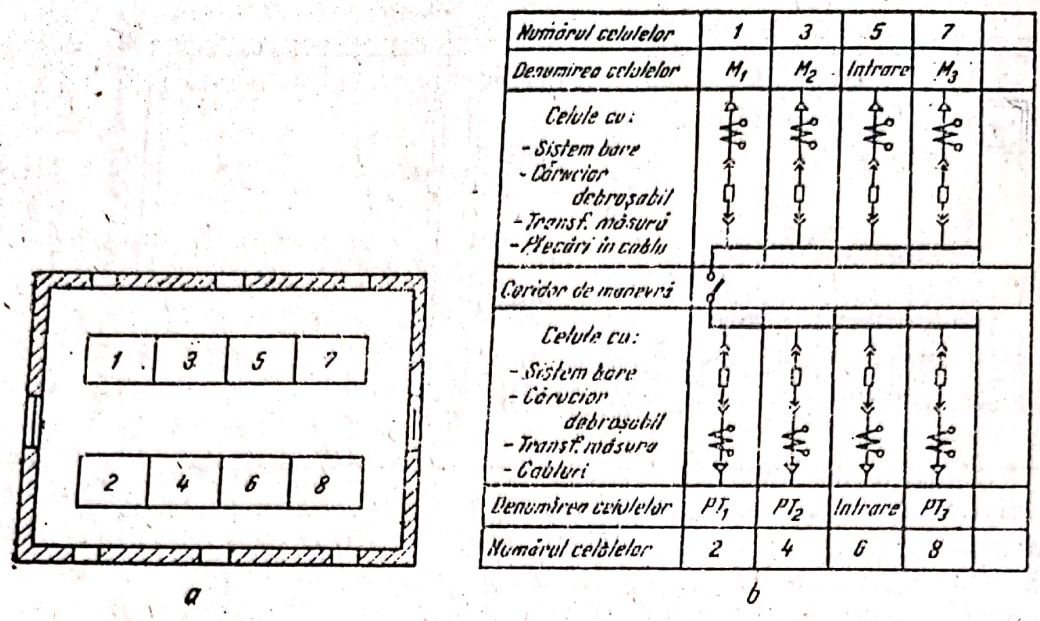


Fig. 5.6. **Dispunerea celulelor în spaţiul treptei de medie tensiune (interior)**
a — vedere în plan; *b* — schema monofilară.

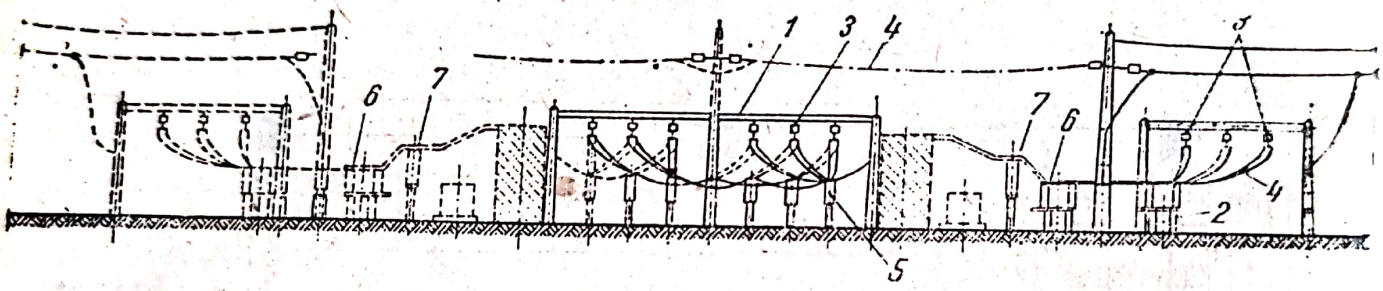


Fig. 5.7. **Secţiune prin celula de 110 kV de tip exterior:**
1 — cadru de beton; *2* — suport de beton pentru aparate; *3* — izolatoare de susţinere; *4* — bare colectoare; *5* — întreruptor; *6* — separator; *7* — transformator de curent.

singură treaptă de tensiune (spre deosebire de instalaţiile de joasă tensiune unde într-un tablou se pot dispune mai multe circuite). Celulele de tip interior pot fi: în spaţii cu pereţii despărţitori din beton sau sub formă de cabine metalice. Dispunerea lor în încăperea treptei de tensiune respectivă se face ca în figura 5.6. În celulele de tip exterior, aparatele se aşază pe cadre de beton, iar barele colectoare sunt sub formă de conductoare funie suspendate prin intermediul izolatoarelor de cadrele de beton deasupra aparatelor (fig. 5.7).

• **Serviciile interne de curent alternativ şi de curent continuu.** În staţii este necesar un consum propriu pentru alimentarea receptoarelor staţiei (iluminat, ventilaţie, instalaţia de producere a aerului comprimat, staţia de redresare etc.). În acest scop, de pe barele de medie tensiune, prin intermediul transformatoarelor de servicii interne care coboară tensiunea la 380/220 V, se alimentează tablourile de servicii interne de curent alternativ din care se distribuie la receptoarele electrice sus-menţionate. De regulă, acestea se găsesc într-o încăpere separată denumită *Servicii interne de curent alternativ* (pe scurt, *SI c.a.*). În scopul alimentării iluminatului de siguranţă şi a circuitelor secundare de comandă, protecţie, automatizare, semnalizare se utilizează curentul continuu la tensiuni de 24, 48, 120, 220 V. Sursa de curent continuu

Scanned with OKEN Scanner

o constituie grupul redresor şi acumulatoarele cu plăci de plumb de tip staţionar. Bateriile de acumulatoare se găsesc într-o încăpere special amenajată, la parterul staţiei, încăpere considerată ca prezentând pericol de explozie, iar instalaţiile electrice sunt executate ca atare. Alimentarea receptoarelor de curent continuu se face prin cabluri distribuitoare, în buclă, care sunt legate la barele de curent continuu, pe funcţiuni (comandă, semnalizare etc.) în camera de comandă sau la şirurile de cleme din celule. Transformatoarele de SI, având puteri mici (700 kVA), sunt dispuse în spaţii separate, numite *boxe de transformator*. Transformatoarele de putere din staţie sunt dispuse, de regulă, în exterior, în aer liber.

2. PUNCTE DE ALIMENTARE ŞI POSTURI DE TRANSFORMARE

• **Punctul de alimentare** (PA) este un nod în cadrul reţelei consumatorului, situat cât mai aproape de centrul sarcinilor, lucrând în aceeaşi treaptă de tensiune (prin el se face doar o distribuţie spre receptoarele de medie tensiune). Rezultă că punctul are o schemă de conexiuni simplă, cu un singur sistem de bare, secţionat printr-un întreruptor sau separator (poate fi privită ca partea de medie tensiune a unui *PT*).

• **Postul de transformare** (PT) este unitatea electrică prin care energia electrică primită în treapta de medie tensiune (6...20 kV) este distribuită în joasă tensiune 380/220 V, receptoarelor electrice ale consumatorului. Din punct de vedere constructiv, el poate fi: *de tip aerian (PA) şi de tip în cabină de zid* suprateran sau subteran (*PCZ*).

Tipul *PA* este utilizat în reţelele rurale şi la consumatorii industriali cu puteri reduse (≤ 260 kVA) de categoria 3. El este montat pe unul sau doi stâlpi de beton (mai vechi, de lemn).

Tipul *PCZ* este determinat de configuraţia reţelelor de medie şi joasă tensiune, de numărul şi puterea transformatoarelor, ce depind de categoria consumatorului.

D. ELEMENTE DE EXPLOATARE ŞI PROTECŢIE A MUNCII LA STAŢIILE COBORÂTOARE DE TENSIUNE

Activitatea de exploatare este desfăşurată pe trei direcţii:
— *conducerea şi supravegherea operativă a instalaţiilor;*
— *activitatea de profilaxie în instalaţii;*
— *reparaţii în instalaţii.*

O exploatare corectă şi eficientă se obţine numai printr-o conjugare şi corelare strânsă a activităţii în cele trei direcţii, pentru realizarea scopului final de alimentare continuă a consumatorilor la parametrii nominali şi în condiţii de eficienţă economică maximă şi de securitate a muncii.

• **Conducerea şi supravegherea operativă a instalaţiilor.** Acestea sunt asigurate de personal organizat în ture de 6—8 h, calificat, instruit şi antrenat special pentru această activitate şi pentru locuri de muncă precise din instalaţia respectivă. În tabelul 5.1. sunt indicate sarcinile ce revin pe etape (preluarea turei, desfăşurarea activităţii în tură, predarea turei). O importanţă deosebită trebuie acordată manevrei, principala activitate operativă a personalului de

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 5.1

Sarcinile pe etapele conducerii operative

Preluarea turei	Asigurarea conducerii operative a instalaţiilor pe timpul turei	Predarea turei
Cunoaşterea schemei de funcţionare a instalaţiilor	Urmărirea indicaţiilor aparatelor de măsură şi control, semnalizare şi protecţie cu menţinerea parametrilor în limitele stabilite prin instrucţiuni	Informează pe cei ce preiau tura asupra: — modificărilor survenite în schema normală de funcţionare;
Cunoaşterea stării tuturor elementelor componente ale instalaţiilor de care răspunde	Control periodic (periodicitatea stabilită prin instrucţiuni) al stării instalaţiilor	— stării instalaţiilor;
Instalaţii în revizie sau reparaţii	Efectuarea manevrelor curente programate sau de restabilire	— instalaţiilor în revizie sau reparaţie;
Evenimentele survenite în perioada de la ultima tură	Urmărirea şi preluarea elementelor de instalaţii care au fost în revizie sau reparaţii	— evenimentelor survenite;
Dispoziţii şi modificări în III (Instrucţiuni Tehnice Interne)	Efectuarea lucrărilor de întreţinere ce intră în componenţa personalului operativ	— dispoziţiilor speciale privind activitatea de exploatare etc.
Evenimentele programate şi care se pot desfăşura în cadrul turei (scoaterea în revizie sau reparaţii a elementelor de instalaţii; manevrarea pentru îmbunătăţirea regimului economic sau creşterea gradului de siguranţă în funcţionare etc.)	Menţinerea legăturii permanente; se informează şi informează atât personalul în subordine, cât şi personalul superior operativ	
	Întreprinde măsuri de lichidare a avariilor, incidentelor şi deranjamentelor din instalaţiile pe care le exploatează	
Personalul din tura respectivă	Întocmeşte evidenţele primare de exploatare	
Întocmirea documentelor de preluare a turei		

tură, deoarece o mică greşeală în executarea ei poate duce la mari perturbaţii atât în reţeaua consumatorului, cât şi în cea a furnizorului.

Prin **manevră** în instalaţiile electrice se înţelege *ansamblul unor operaţii desfăşurate într-o anumită succesiune, prin care se schimbă starea operativă a echipamentelor, a elementelor sau schema tehnologică în care funcţionează acestea.* După scopul urmărit, manevrele sunt:

— *curente* (de exemplu: trecerea unui transformator din rezervă în funcţiune, sau invers);

— *de lichidare a incidentelor şi a avariilor* cauzate de accident (în scopul scoaterii victimei de sub acţiunea curentului electric).

Manevrele se execută pe baza unei *foi de manevră,* ce reprezintă documentul scris prin care se stabilesc următoarele: scopul manevrei, starea operativă iniţială a schemei, succesiunea operaţiilor, modul în care se execută acestea, persoanele care execută şi supraveghează corectitudinea efecturăii manevrei, data şi ora începerii şi terminării manevrei, organul ierarhic superior din conducerea operativă a sistemului care a cerut sau căruia i s-a comunicat foaia de manevră.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru efectuarea corectă a manevrei, aceasta se execută de către două persoane:

— responsabilul de manevră, care este, de regulă, persoana care a întocmit foaia de manevră şi care supraveghează executarea manevrei;

— executantul manevrei care execută operaţiile din foaia de manevră.

La executarea manevrei se iau măsuri de protecţie a muncii şi se folosesc mijloacele prevăzute în regulamentul de exploatare (mănuşi, ochelari, indicator de prezenţă a tensiunii, tijă izolantă, pod izolant etc.). La efectuarea manevrelor trebuie să se respecte o serie de reguli tehnice pentru asigurarea securităţii instalaţiilor şi a personalului. Astfel:

— întreruperea şi stabilirea curenţilor de sarcină în circuitele de înaltă tensiune se fac numai cu ajutorul întreruptoarelor;

— scoaterea de sub tensiune se face prin deschiderea mai întâi a întreruptorului, apoi a separatorului. La închiderea circuitului se procedează invers;

— după acţionarea oricărui aparat de comutaţie trebuie verificată poziţia acestuia, pentru a căpăta convingerea că acţionarea este reuşită;

— atunci când trebuie să fie executate legături la pământ, de protecţie, se verifică obligatoriu poziţia deschisă a tuturor separatoarelor, apoi lipsa de tensiune şi numai după aceea se trece la realizarea acestor legături;

— trecerea echipamentelor de pe un sistem de bare colectoare pe altul se face prin intermediul cuplei transversale şi conform instrucţiunilor tehnice interne;

— toate manevrele efectuate pe un circuit se verifică, prin controlul aparatelor indicatoare, parametrii de funcţionare atât ai circuitului pe care se efectuează manevra, cât şi ai circuitelor ce sunt afectate de această manevră, pentru evitarea valorilor periculoase ce pot apărea pe acestea.

Activitatea de profilaxie constă în observaţiile, analiza şi măsurile ce se iau pentru prevenirea deranjamentelor, incidentelor şi avariilor.

Incidentul este evenimentul care conduce la modificarea stării anterioare de exploatare, cu consecinţe nedorite asupra duratei de funcţionare sau a parametrilor funcţionali (de exemplu: punerea la pământ a unei reţele cu neutrul izolat). În reţelele de joasă tensiune el este **deranjament.**

Avaria este evenimentul care are drept consecinţă deteriorări de echipamente importante sau întreruperi în alimentarea cu energie electrică a consumatorului (de exemplu: ruperea unui conductor din *LET* sau defectarea unui transformator de putere mare).

Pentru a fi eficientă, activitatea de profilaxie trebuie să fie o activitate complexă şi de calitate, axată pe următoarele direcţii:

— supravegherea instalaţiilor şi culegerea corectă şi la timp a datelor;

— revizii periodice ale instalaţiilor şi înlăturarea deficienţelor constatate;

— măsuri şi probe profilactice în conformitate cu normativele şi instrucţiunile tehnice aflate în documentaţia staţiei;

— analiza avariilor şi a incidentelor survenite cu scopul de a servi la acţiunile ce se întreprind pentru prevenirea acestora, pentru creşterea gradului de siguranţă în funcţionare;

— controlul instalaţiilor, efectuat atât ziua cât şi noaptea, vizând starea echipamentului, curăţenia, pregătirea personalului, ţinerea evidenţelor etc.

• **Reparaţiile în instalaţiile electrice.** Acestea sunt de două feluri:

— **curente,** prin care se remediază toate defecţiunile apărute la utilaje în perioada exploatării cu sau fără demontări de ansambluri sau subansambluri ale utilajului;

Scanned with OKEN Scanner

— **capitale,** prin care se readuc la parametri nominali caracteristicile tehnice ale utilajului retras din exploatare.

Pentru creşterea eficienţei unei astfel de activităţi sunt necesare o serie de măsuri:

— elaborarea unei tehnologii de reparaţie în funcţie de utilajul respectiv;

— pregătirea în mod corespunzător şi din timp a lucrărilor, pe bază de documentaţii tehnico-economice;

— programarea şi asigurarea executării unor lucrări de calitate şi în timpul fixat de normative;

— asigurarea unei recepţii severe asupra calităţii lucrărilor executate, cu nominalizarea în procesul verbal de recepţie a tuturor operaţiilor executate (lucrări, verificări, probe etc.) şi a personalului care le-a executat.

În dotarea staţiilor electrice se găsesc echipamente şi mijloace de protecţie a muncii folosite atât în activitatea operativă cât şi în reparaţii sau revizii. Ele sunt dispuse în ordine, în dulapuri special amenajate, fie la parterul staţiei, fie în camera de comandă. Folosirea lor se face în conformitate cu instrucţiunile de protecţie a muncii ce se află în documentaţia staţiei.

Periodic, lucrătorii sunt supuşi examinării asupra cunoştinţelor de protecţie a muncii, iar la orice intervenţie în instalaţie se indică obligatoriu măsurile de protecţie a muncii ce trebuie luate. În exploatarea instalaţiilor electrice din staţii se au, de asemenea, în vedere şi instrucţiunile de prevenire şi stingere a incendiilor, făcându-se periodic exerciţii de acţionare în caz de pericol cu personalul de exploatare şi controlându-se riguros starea mijloacelor şi materialelor P.S.I. din dotarea staţiei.

E. ELEMENTE DE CALCUL ELECTRIC ÎN INSTALAŢIILE CONSUMATORULUI

Alegerea secţiunii conductoarelor şi a aparatelor din instalaţiile electrice din dotarea consumatorului, precum şi verificarea lor se fac pe baza unui *calcul efectuat în anumite ipostaze simplificatoare.* De regulă, alegerea elementelor se face pe baza mărimilor electrice din regimul normal de funcţionare a instalaţiei, iar verificarea, pe baza celor din regimul de scurtcircuit.

1. SCHEME ECHIVALENTE

În calculul electric, elementele componente ale instalaţiei electrice se reprezintă prin scheme electrice echivalente, stabilite în baza unor ipoteze ale regimului de funcţionare a elementului respectiv.

Tabelul 5.2 ilustrează aceste scheme şi indică relaţiile de calcul pentru parametrii lor electrici.

În acest tabel, semnificaţia notaţiilor este:

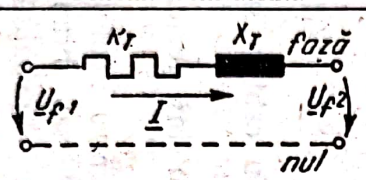
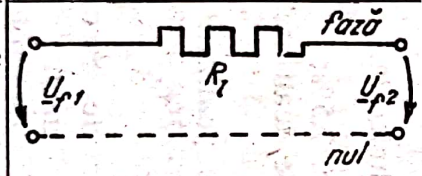
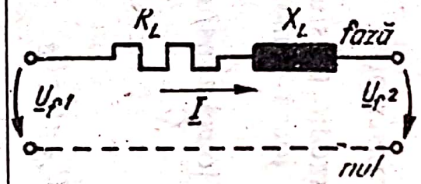
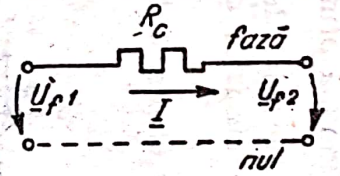
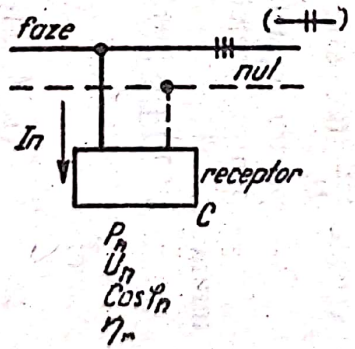
r_0 — rezistenţa specifică a conductorului, în Ω/km, luată din tabele sau măsurări;

x_0 — reactanţa specifică a conductorului, în Ω/km, luată din tabele sau măsurări;

l — lungimea conductorului pe fază, în km;

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 5.2

Elementul instalaţiei	Schema echivalentă	Relaţii de calcul	Ipotezele regimului de funcţionare
Conductoarele liniilor electrice de medie şi joasă tensiune		$R_L = r_0 l$ [Ω] $X_L = x_0 l$ [Ω]	Regim de sarcină simetrică şi echilibrată Regim de scurtcircuit trifazat Pierderile transversale prin capacităţile parazite şi imperfecţiunea izolaţiei se neglijează.
Conductoarele circuitelor receptoarelor de iluminat, prize şi forţă (circuite interioare)		$R_l = \frac{l}{\gamma_\sigma}$ [IIΩ]	Idem
Transformatorul de putere cu două înfăşurări şi cel de măsură de curent		$R_T = P_{Cu}\frac{U_n^2}{S}$ [Ω] $U_G = \frac{U_{sc\%}}{100}\frac{U_n^2}{S_n}$ [Ω]	Regim de sarcină normală simetrică Pierderile în fier se neglijează
Contactele electrice		R_c se determină prin măsurări	Regim de sarcină simetrică şi echilibrată Regim de scurtcircuit trifazat
Receptoarele electrice		Pentru motoare trifazate asincrone $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cos\varphi_n \eta_n}$ Pentru lămpi cu incandescenţă $I_n = \frac{P_n}{U_n}$	Regim de sarcină normală Pentru receptoarele monofazate tensiunea U_n este cea de fază, U_f Pentru receptoarele trifazate tensiunea U_n este cea între faze, iar puterea P este trifazată

Scanned with OKEN Scanner

γ — conductivitatea conductorului, în $\frac{m}{mm^2\Omega}$;

s — secţiunea conductorului, în mm^2;

P_{0n} — pierderile transformatorului în scurtcircuit, în W, date în catalog sau pe plăcuţa transformatorului;

S_n — puterea aparentă nominală a transformatorului, în VA, dată în catalog sau pe plăcuţa sa;

U_n — tensiunea nominală, în V, fie pe partea primară, fie pe partea secundară, în funcţie de treapta de tensiune unde se calculează curentul de scurtcircuit;

$u_{sc}\%$ — tensiunea procentuală de scurtcircuit, indicată în catalog sau pe plăcuţa transformatorului;

P_n — puterea activă nominală, în W, a receptorului;

$\cos \varphi_n$ — factorul de putere nominal;

η_n — randamentul nominal indicat în catalog sau pe plăcuţa aparatului.

2. CALCULUL PIERDERII DE TENSIUNE

Prin noţiunea de pierdere de tensiune (ΔU) se înţelege diferenţa algebrică dintre valorile efective ale tensiunilor dintre două puncte ale unei reţele, conţinând numai legături galvanice (fig. 5.8). Ea este determinată de circulaţia curentului electric prin rezistenţa R şi reactanţa X a liniei. Orice pierdere de tensiune micşorează valoarea tensiunii la bornele receptoarelor electrice, înrăutăţind caracteristicile tehnice ale acestora*. Pentru acest motiv valoarea maximă a pierderii de tensiune, exprimată procentual din valoarea nominală $\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100$, este limitată prin prescripţiile tehnice la:

— pentru reţelele electrice de medie tensiune: 7,5%;

— pentru reţelele electrice de joasă tensiune, realizate în cabluri subterane: 3,25%;

— pentru reţelele electrice de joasă tensiune, realizate în linii aeriene: 7%;

— pentru coloana de racord sau branşament la instalaţiile abonatului: 1,5%;

— pentru instalaţiile interioare de iluminat: 3% (între cofret şi ultimul receptor);

— pentru instalaţiile interioare de forţă: 5% (între cofret şi ultimul receptor);

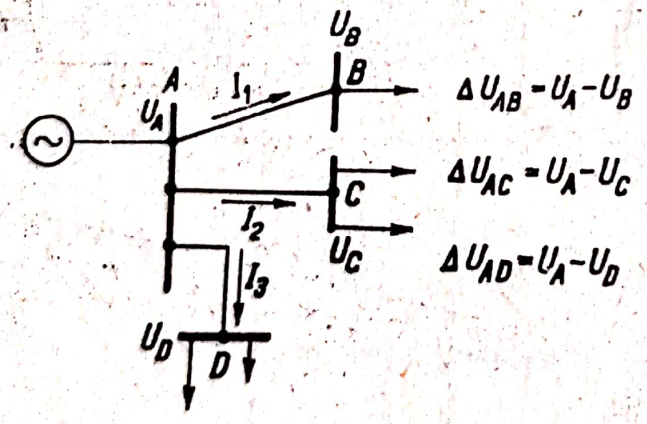


Fig. 5.8. **Explicarea noţiunii de pierdere de tensiune.**

* De exemplu: la o variaţie de – 10% a tensiunii la bornele unui bec cu incandescenţă, fluxul luminos al acestuia scade cu 19%, iar la bornele unui motor asincron trifazat, cuplul acestuia scade cu 21%.

Scanned with OKEN Scanner

Calculul pierderii de tensiune se face în următoarele **ipoteze simplificatoare:**

1) reţeaua trifazată se consideră simetrică şi echilibrată, ceea ce înseamnă că valorile efective ale curenţilor din cele trei faze sunt egale, în conductorul de nul curentul este zero, iar valorile efective ale tensiunilor pe fază U_f sunt egale între ele şi egale cu $\frac{U}{\sqrt{3}}$, U fiind tensiunea între faze;

2) receptoarele, indiferent de punctul lor de racord, funcţionează la caracteristicile tehnice nominale (P_n, U_n, $\cos \varphi_n$, η_n);

3) când într-o reţea trifazată cu nul se găsesc racordate atât receptoare trifazate (motoare electrice) cât şi receptoare monofazate (corpuri de iluminat, prize etc.), acestea din urmă se consideră repartizate uniform pe cele trei faze şi nul (încât să se realizeze ipoteza 1).

a. Pierderea de tensiune într-un conductor

Se consideră un conductor AB, a cărui schemă echivalentă este dată în figura 5.9, *a*, parcurs de curentul de sarcină (absorbit de consumatorul situat în punctul B). De la „Fizică" este cunoscut faptul că în circuitele de curent alternativ sinusoidal, mărimile electrice, tensiune şi curent se reprezintă în fazori (bara de sub literă indică fazorul). Figura 5.9, *b* reprezintă diagrama fazorială a tensiunilor.

Ca fazor de referinţă se consideră tensiunea U_{fB} (de la bornele consumatorului). În raport cu aceasta curentul I este decalat în urmă cu $-\varphi$. Acest curent, trecând prin rezistenţa R, produce o cădere de tensiune RI, în fază cu I, iar X o cădere de tensiune XI dalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea lui I. Fazorul tensiunii în punctul A se obţine unindu-se O cu A.

Din această diagramă, pe cale geometrică, se poate deduce pierderea de tensiune. Conform definiţiei date la începutul capitolului, pierderea de tensiune $\Delta U_{fAB} = U_{fA} - U_{fB}$, este reprezentată prin segmentul $\overline{BF} \approx BN$ (eroarea este mică, δ fiind mic). Din figură se observă că: $\overline{BN} = \overline{BM} + \overline{MN}$. Dar $\overline{BM} = RI \cos \varphi$, iar $\overline{MN} = XI \sin \varphi$. Deci $\overline{BN} = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \Delta U_{fAB}$.

Rezultă formula pierderii de tensiune între două puncte A şi B, exprimată în funcţie de curentul din conductor:

$$\Delta U_{fAB} = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi). \qquad (5.3)$$

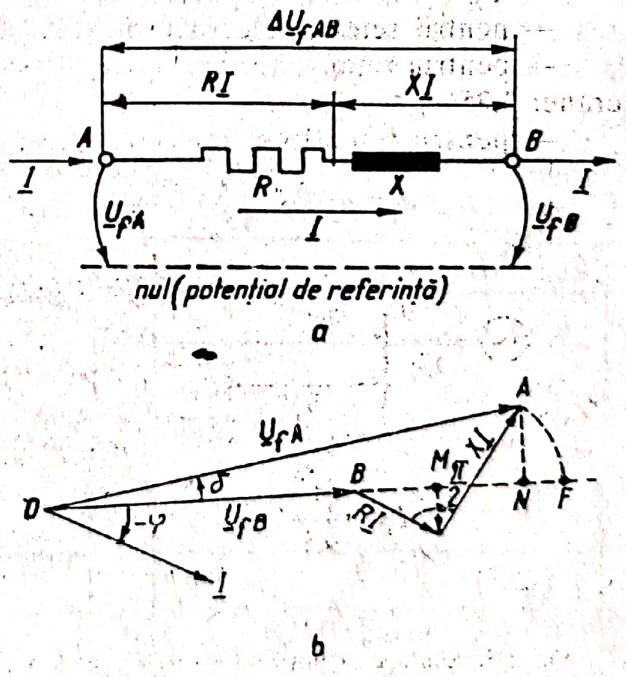


Fig. 5.9. **Determinarea pierderii de tensiune într-un conductor:**
a — schema echivalentă; b — diagrama fazorială a tensiunilor.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderea de tensiune poate fi exprimată şi în funcţie de puterile active şi reactive care circulă prin conductor. Astfel:

$$\Delta U_{fAB} = \frac{RIU_k \cos\varphi + XIU_f \sin\varphi}{U_f} = \frac{RP_f + XQ_f}{U_f}, \qquad (5.4)$$

U_f fiind tensiunea pe fază nominală a reţelei din care face parte conductorul iar P_f şi Q_f sunt puterile active şi reactive ce circulă prin conductor.

Pierderile de tensine procentuale sunt:

$$\Delta U_{fAB}\,\% = \Delta\frac{U_{fAB}}{U_f}\,100 = \frac{I(R\cos\varphi + X\sin\varphi)}{U_f}\,100 \qquad (5.5,\ a)$$

$$\Delta U_{fAB}\,\% = \frac{RP + XQ}{U_f^2}\,100 \qquad (5.5,\ b)$$

b. Pierderea de tensiune într-un tronson de linie

Este mai simplu calculul pierderii de tensiune în tronson în funcţie de puterile active şi reactive P, Q care circulă prin tronson, decât în funcţie de curentul, care circulă prin acel tronson, deoarece pe de o parte din datele problemei se indică puterile active şi factorii de putere (P_c, cos φ) absorbite de consumatori, iar pe de altă parte nu mai este necesar să se calculeze curenţii de tronson şi factorii lor de putere.

Se precizează că puterile care circulă prin tronson sunt suma puterilor absorbite de toţi consumatorii aflaţi în dreapta tronsonului ($P = \Sigma P_c$ şi $Q = \Sigma Q_c$).

Pe baza ipotezei simplificatoare 1, schemele echivalente din figura 5.10, *c* şi *e*, precum şi calculele ce urmează rămân valabile şi la tronsoanele aflate în treapta de medie tensiune.

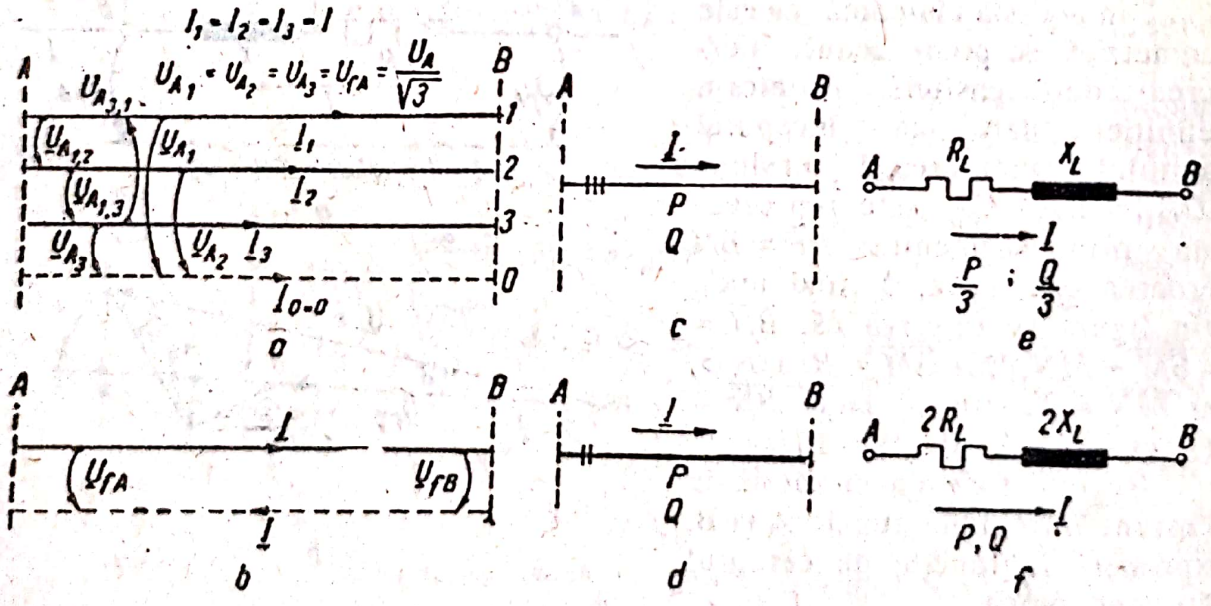


Fig. 5.10. **Tronson de linie:**
a — trifazat + nul; *b* — monofazat; *c* — reprezentarea monofilară a tronsonului trifazat echilibrat; *d* — idem, a celui monofazat; *e* — schema echivalentă pe o fază a tronsonului trifazat; *f* — idem pentru cel monofazat.

Scanned with OKEN Scanner

• **Cazul tronsonului trifazat echilibrat** (joasă şi medie tensiune). Aplicându-se relaţia (5.4) şi cu notaţiile din figura 5.10, *a*, se obţine pierderea de tensiune pe fază:

$$\Delta U_{fAB} = \frac{R_{LP} + X_L Q}{3U_f} = \frac{R_L P + X_L Q}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} U_f} = \frac{R_{LP} + X_L Q}{\sqrt{3} U}.$$

Notând pierderea de tensiune între faze $\Delta U_{AB} = \sqrt{3} \Delta U_{fAB}$, rezultă:

$$\Delta U_{AB} = \frac{R_L P + X_L Q}{U}, \tag{5.6}$$

U fiind tensiunea nominală între faze a treptei de tensiune din care face parte tronsonul.

Pierderea de tensiune procentuală este:

$$\Delta U_{AB}\,\% = \frac{R_L P + X_L Q}{U^2} 100. \tag{5.7}$$

• **Cazul tronsonului monofazat** (fig. 5.10, *b*, *d*, *f*).

$$\Delta U_{fAB} = 2 \frac{R_L P + X_L Q}{U_f}, \tag{5.8}$$

$$\Delta U_{fAB}\,[\%] = 2 \frac{R_L P + X_L Q}{U^2} 100, \tag{5.9}$$

c. Pierderea de tensiune într-o linie cu mai mulţi consumatori

Pierderea de tensiune între două puncte ale liniei (de exemplu A şi B din figura 5.11) rezultă ca fiind suma algebrică a pierderilor de tensiune de pe fiecare tronson, calculate cu relaţiile (5.6)...(5.8).

• **În cazul liniei trifazate:**

$$\Delta U_{AB} = \frac{1}{U} \sum_{i=1}^{n} (R_i P_i + X_i Q_i), \tag{5.10}$$

$$\Delta U_{AB}\,[\%] = \frac{100}{U^2} \sum_{i=1}^{n} (R_i P_i + X_i Q_i). \tag{5.11}$$

• **În cazul liniei monofazate:**

$$\Delta U_{fAB} = \frac{2}{U} \sum_{i=n}^{n} (R_i P_i + X_i Q_i). \tag{5.12}$$

$$\Delta U_{fAB}\,[\%] = \frac{200}{U_f^2} \sum_{i=1}^{n} (R_i P_i + X_i Q_i). \tag{5.13}$$

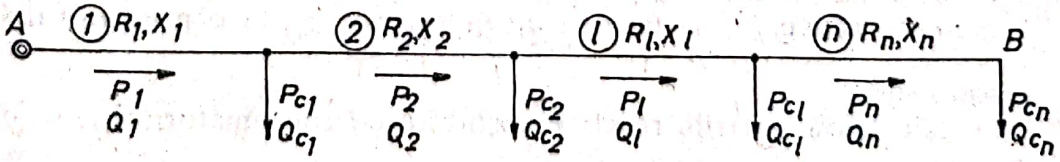


Fig. 5.11. Schema monofilară a liniei cu mai mulţi consumatori.

Scanned with OKEN Scanner

— În instalaţiile interioare de iluminat $X_i Q_i \approx 0$, deoarece pe de o parte X_i, este foarte mic, iar pe de altă parte factorul de putere al corpurilor de iluminat cu incandescenţă este egal cu 1, cele fluorescente având condensatoare pentru compensarea lui.

În acest caz, relaţia (5.13) devine:

$$\Delta U_{fAB}\,\% = \frac{200}{U_f^2} \sum_{i=1}^{n} R_i P_i.$$

Dar:

$$R_i = \frac{l_i}{\gamma_i s_i},$$

unde l_i este lungimea tronsonului i, în m, γ_i — conductivitatea conductorului, în $\frac{\text{m}}{\text{mm}^2\Omega}$ şi s_i — secţiunea conductorului din tronsonul i, în mm^2.

Întrucât în instalaţiile interioare, pe circuite, materialul nu se schimbă (γ_i = constant), iar secţiunea este aceeaşi (s = ct), rezultă:

$$\Delta U_{fAB}\,\% = \frac{210}{U_f^2} \frac{1}{\gamma s} \sum_{1}^{n} l_i P_i. \qquad (5.14,\ a)$$

Această relaţie serveşte la alegerea secţiunii conductorului, atunci când se impune o anumită valoare pentru $\Delta U_{fAB}\,\%$:

$$s = \frac{200}{U_f^2} \frac{1}{\Delta U_{fAB}\,\%} \sum_{1}^{n} l_i P_i. \qquad (5.14,\ b)$$

— Relaţiile (5.14, *a*) şi (5.14, *b*) sunt valabile şi în *reţelele de curent continuu*, în care caz $\omega = 0$, $X_L = L\omega = 0$ şi $\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = 1$, iar $P = U_f \cdot I$

d. Algoritmul de calcul

● **Datele problemei:**

— arhitectura reţelei cu precizarea celor două puncte între care se cere pierderea de tensiune;

— tensiunea nominală a reţelei (U);

— caracteristicile conductorului liniei şi lungimile tronsoanelor l_i (km), respectiv rezistenţa specifică r_0 (Ω/km), reactanţa specifică x_0 (Ω/km);

— puterile active P_{ci}, şi factorii de putere cos φ_{ci} ai consumatorului.

● **Rezolvare:**

1) Se calculează puterile reactive absorbite de consumatori:

$$Q_{ci} = P_{ci}\ \text{tg}\ \varphi_{ci}. \qquad (5.14,\ c)$$

Scanned with OKEN Scanner

2) Se calculează circulaţia puterilor active şi reactive pe tronsoane:

$$P_i = \sum_{1}^{n} P_{ci}, \qquad (5.14, d)$$

$$Q_i = \sum_{1}^{n} Q_{ci},$$

adică suma puterilor din dreapta tronsonului i.

3) Se calculează rezistenţa R_i şi reactanţele X_i pe fiecare tronson în parte. Dacă sunt date r_0, x_0, atunci:

$$R_i = r_0 l_i, \qquad (5.15)$$

$$X_i = r_0 l_i.$$

4) Se calculează ΔU_{AB}, respectiv ΔU_{fAB} şi $\Delta U_{AB}\%$ respectiv $\Delta U_{fAB}\%$ cu relaţile (5.10)...(5.13).

Aplicaţie. Se consideră linia trifazată din figura 5.11, la care: $n = 4$; $U = = 380$ V; $l_1 = 50$ m; $l_2 = 100$ m; $l_3 = 150$ m; $l_4 = 200$ m; $r_0 = 0{,}1$ Ω/km; $x_0 = = 0{,}4$ Ω/km; $Pc_1 = 10$ kW; $Pc_2 = 20$ kW; $Pc_3 = 15$ kW; $Pc_4 = 25$ kW; $\cos\varphi c_1 = \cos\varphi c_2 = 0{,}8$; $\cos\varphi c_3 = 1$; $\cos\varphi c_4 = 0{,}6$.

Rezolvare

1) Puterile reactive absorbite de fiecare consumator:

$$Qc_1 = Pc_1 \operatorname{tg}\varphi c_1 = Pc_1 \frac{\sin\varphi}{\cos j\varphi} = Pc1 \frac{\sqrt{1-\cos^3\varphi_{c1}}}{\cos\varphi} =$$

$$= 10\sqrt{\frac{1-0{,}64}{0{,}8}} = 10\frac{0{,}6}{0{,}8} = 7{,}5 \text{ kVAr},$$

$$Qc_2 = 20\frac{0{,}6}{0{,}8} = 15 \text{ kVAr}; \quad Qc_3 = \frac{0{,}8}{0{,}8} = 20 \text{ kVAr};$$

$$Qc_4 = 0 \text{ kVAr}.$$

2) Puterile active şi reactive pe tronsoane (se calculează pentru uşurinţşă începând de la B spre A):

$P_4 = 25$ kW; $P_3 = 40$ kW; $P_2 = 61$ kW; $P_1 = 70$ kW

$Q_4 = 0$ kVAr; $Q_3 = 21$ kVAr; $Q_2 = 35$ kVAr; $Q_1 = 42{,}5$ kVAr.

3) Rezistenţele şi reactanţele tronsoanelor:

$R_1 = r_0 \cdot l_1 = 0{,}1 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$ Ω;

$R_2 = 10 \cdot 10^{-3}$ Ω; $R_3 = 15 \cdot 10^{-3}$ Ω; $R_4 = 20 \cdot 10^{-3}$ Ω;

$X_1 = x_0 \cdot l = 0{,}4 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3}$ Ω;

$X = 40 \cdot 10^{-3}$ Ω; $X_3 = 60 \cdot 10^{-3}$ Ω; $X_4 = 80 \cdot 10^{-3}$ Ω.

4) Pierderea de tensiune în linie (relaţia 5.10):

$$\Delta U_{AB} = \frac{10}{380}[5 \cdot 7 + 20 \cdot 4{,}25 + 10 \cdot 6 + 40 \cdot 3{,}5 + 15{,}4 + 60{,}2 + 20 \cdot 2{,}5\hat{I} = \frac{5\,500}{380} = 14{,}4 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AB}\% = \frac{1440}{380} = 3{,}7\%$$

Scanned with OKEN Scanner

a. Generalităţi

Scurtcircuitele sunt defectele cele mai des întâlnite în instalaţiile electrice, datorită străpungerii izolaţiei părţilor aflate sub potenţial electric.

În timpul scurtcircuitului, deoarece se micşorează considerabil impedanţa circuitului ca urmare a străpungerii izolaţiei, în instalaţia electrică apare un regim anormal, caracterizat prin valori ridicate ale curenţilor şi scăzute ale tensiunilor, cu mult diferite de cele normale.

• **Cauzele scurtcircuitelor** pot fi:

— străpungerea izolaţiei la apariţia supratensiunilor (valori ce depăşesc valorile nominale ale tensiunii din punctul considerat);

— străpungerea izolaţiei ca urmare a îmbătrânirii ei;

— executarea greşită a manevrelor de către personalul de exploatare;

— diferite alte cauze întâmplătoare (calamităţi naturale, atingeri ale părţilor aflate sub tensiune de către animale etc.).

Curenţii de scurtcircuit solicită elementele componente ale instalaţiei atât mecanic, prin forţe electrodinamice mari care apar la trecerea curentului de scurtcircuit (îndoirea barelor, smulgerea izolatoarelor etc.), cât şi termic, prin supraîncălzirea conductoarelor şi defectarea izolaţiei lor. Se impune deci cunoaşterea valorilor acestor curenţi spre a verifica dacă echipamentul electric, ales de regulă pe baza mărimilor electrice din regimul normal al circuitelor, rezistă efectelor amintite din regimul de scurtcircuit.

De asemenea, tot regimul de scurtcircuit impune conceperea, alegerea şi reglarea aparatelor instalaţiei de protecţie prin relee, care sesizează, selectează şi izolează zona defectă în cel mai scurt timp.

La defectarea izolaţiei între două puncte conductoare aflate la potenţiale diferite, pot interveni două situaţii:

a) să apară un contact direct între ele;

b) să apară un arc electric, care se comportă, între cele două puncte, ca un conductor electric cu rezistenţă variabilă funcţie de valoarea tensiunii dintre ele şi de valoarea curentului care trece prin arc.

Situaţia *a* face ca valoarea curentului de scurtcircuit să fie mai mare decât în situaţia *b*, dar situaţia *b* prezintă dezavantajul că poate genera în instalaţia consumatorului supratensiuni şi alte fenomene perturbatorii.

• **Tipurile de scurtcircuite** în reţeaua electrică a consumatorului pot fi: *monofazate, bifazate* şi *trifazate* cu sau fără arc electric.

În figura 5.12 rezultă că în reţeaua de medie tensiune (6 kV ... 20 kV), care are înfăşurările părţii de medie tensiune a transformatorului coborâtor în conexiunea triunghi, nu pot exista decât două tipuri de scurtcircuite: bifazate (K_1) şi trifazate (K_2), deoarece la un contact al unei faze cu solul (K_3) valoarea curentului prin locul defect este mică, curentul închizându-se prin capacităţile (C) parazite ale fazelor *1* şi *2* care au o reactanţă mare $\left(X_c = \frac{1}{C \cdot \omega}\right)$.

În reţeaua de joasă tensiune pot exista toate cele trei tipuri de scurtcircuite, deoarece neutrul transformatorului din *PT* al părţii de joasă tensiune este legat întotdeauna la pământ.

Scurtcircuitul trifazat este singurul tip care păstrează simetria tensiunilor pe faze şi egalitatea modulelor curenţilor din faze. Pentru acest motiv el se

Scanned with OKEN Scanner

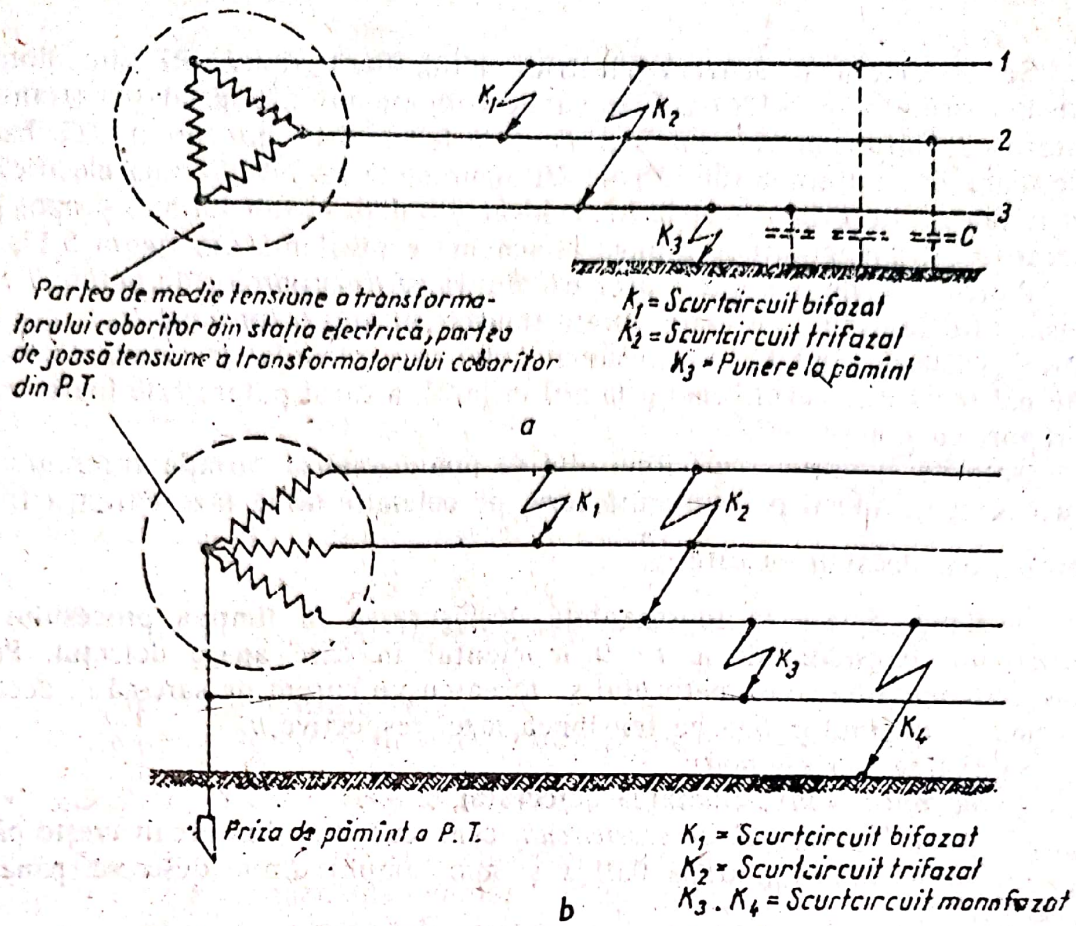


Fig. 5.12. **Tipuri de scurtcircuit:**
a — în reţeaua de medie tensiune; *b* — în reţeaua de joasă tensiune.

numeşte *scurtcircuit simetric,* pe când celelalte scurtcircuite (bifazat şi monofazat) se numesc *nesimetrice.*

● În continuare se va analiza **scutcircuitul trifazat în reţeaua de joasă tensiune a consumatorului,** incluzând şi transformatoarele coborâtoare din PT.

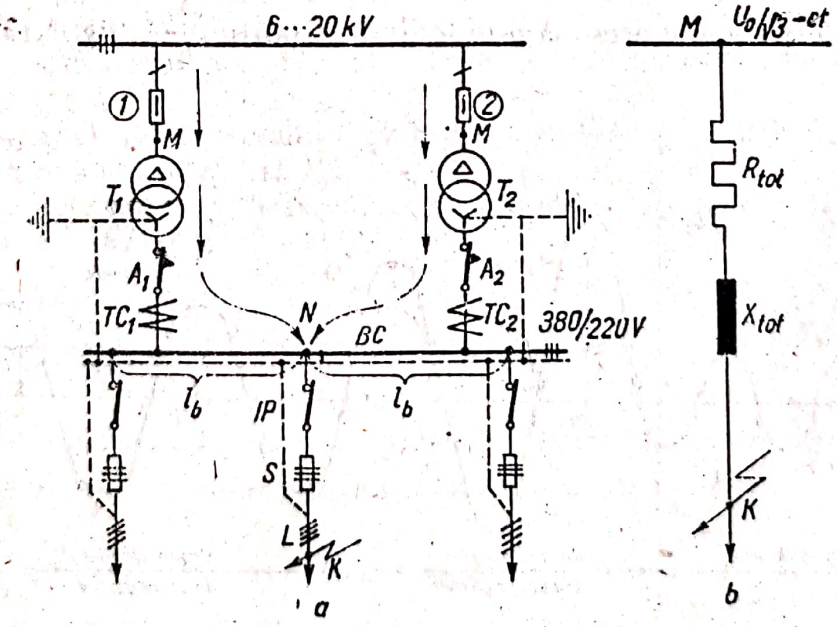


Fig. 5.13. **Scurtcircuit în reţeaua consumatorului:**
a — schemă monofilară; *b* — schemă echivalentă.

Scanned with OKEN Scanner

Se consideră o schemă electrică monofilară tipică *PT* din dotarea consumatorului (fig. 5.13, *a*). Elementele componente ale instalaţiei (transformatorul *T*, întreruptorul automat *D*, transformatorul de curent *TC*, barele colectoare *BC*, întreruptorul pârghie *IP*, siguranţele fuzibile *S*, linia electrică *L*) pot fi substituite prin schemele lor echivalente date în tabelul 5.2, şi apoi prin operaţii de transfigurări se ajunge la schema echivalentă din figura 5.13, *b*.

Punctele *M* de la bornele primare ale transformatoarelor de putere *T* sunt considerate ca având, pe toată durata scurtcircuitului o tensiune U_0 constantă, ipoteză valabilă când *PT* al consumatorului este racordat la sistemul electric naţional (cum este cazul general la noi în ţară), a cărui putere este foarte mare în raport cu puterea *PT*.

Datorită simetriei scurtcircuitului se poate analiza variaţia curentului de scurtcircuit i_x, numai pe o singură fază, pe celelalte două faze curenţii fiind identici, dar decalaţi cu câte $\frac{2\pi}{3}$.

În figura 5.14 este reprezentată desfăşurarea în timp a procesului de scurtcircuit, considerându-se $t = 0$ momentul în care apare defectul. Până atunci, alimentarea consumatorului se făcea cu un curent de sarcină i_s, decalat în urmă cu unghiul φ faţă de tensiunea fazei respective u.

Se disting trei regimuri:

— *regimul normal*, dinaintea defectului;

— *regimul tranzitoriu de scurtcircuit*, când curentul din circuit creşte până la valoarea maximă i_{soc} după 0,01 *s* şi apoi amplitudinile descresc, până la valoarea $i_{p\,max}$;

— *regimul stabilizat de scurtcircuit*, când curentul îşi păstrează amplitudinea $i_{p\,max}$ constantă până la deconectarea zonei defecte prin elementele de protecţie.

În regimul tranzitoriu se poate considera că, în fiecare moment, curentul de scurtcircuit este rezultatul însumării a două componente: una periodică i_p şi alta aperiodică i_a, adică $i_{sc} = i_p + i_a$.

Componenta aperiodică i_a, după cum se vede în figură, se amortizează. Timpul de dispariţie al acesteia este legat de raportul $\frac{X_{tot}}{R_{tot}}$ (fig. 5.13, *b*); cu cât

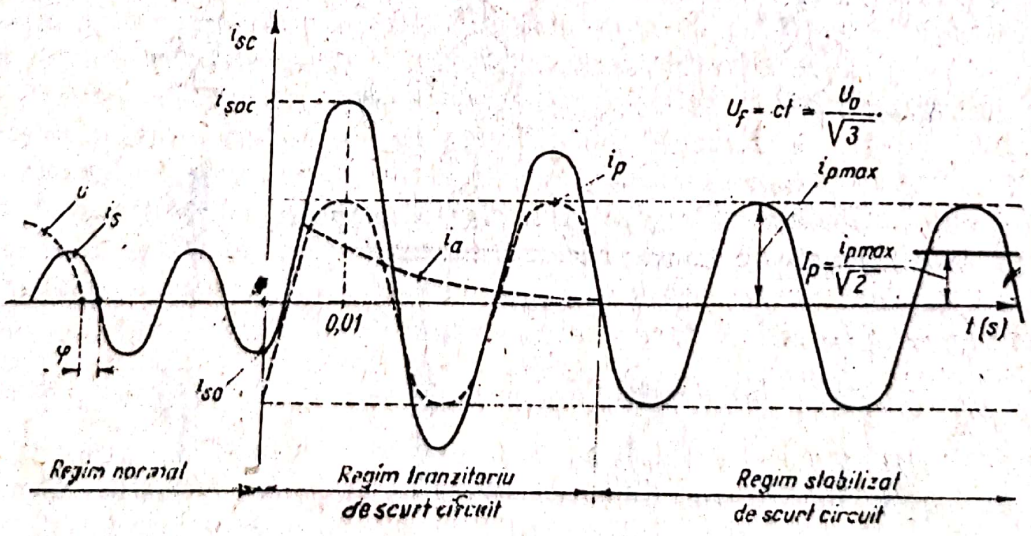


Fig. 5.14. Variaţia curentului de scurtcircuit trifazat în funcţie de timp.

Scanned with OKEN Scanner

R_{tot} este mai mare, cu atât amortizarea se face mai repede. Rezultă de aici că în circuitele de medie tensiune unde $X_{tot} > R_{tot}$, amortizarea se face încet; pe când în joasă tensiune, unde $R_{tot} \approx X_{tot}$, amortizarea se face repede.

Variaţia curentului de scurtcircuit, reprezentată în figura 5.14 este determinată de următorii factori:

— valorile R_{tot} şi X_{tot};

— valoarea tensiunii u în momentul producerii scurtcircuitului;

— valoarea curentului de sarcină i_{so} din momentul producerii scurtcircuitului.

Situaţia cea mai dificilă pentru echipamentul supus regimului de scurtcircuit este atunci când tensiunea trece prin zero, curentul $i_{so} = 0$, iar valorile R_{tot} şi X_{tot} sunt mici. În această situaţie se obţin valorile cele mai mari posibile ale curentului de scurtcircuit şi în aceste condiţii se verifică echipamentul electric al instalaţiei consumatorului.

b. Calculul curentului de scurtcircuit trifazat în joasă tensiune

● **Ipoteze simplificatoare:**

— tensiunea pe fază, în valoare efectivă, în punctul M, rămâne constantă pe toată durata scurtcircuitului şi este egală cu $\frac{U_o}{\sqrt{3}}$, unde U_0 este tensiunea între faze la bornele transformatorului coborâtor, comutatorul de ploturi aflându-se pe priza mediană. Valoarea ei se poate considera egală cu 400 V;

— valorile rezistenţelor fiind comparabile cu cele ale reactanţelor nu se neglijează, fiind luate în consideraţie. Se neglijează însă rezistenţele arcului electric ce poate apărea la punctul de defect;

— se ia în consideraţie situaţia cea mai dificilă a regimului de scurtcircuit, conform celor arătate mai înainte. Această ipoteză influenţează determinarea lui i_{soc}.

● **Algoritmul de calcul**

1) Se înlocuiesc toate elemęntele schemei monofilare date prin schemele lor echivalente, conform tabelului 5.2.

2) Se calculează mărimile din schemele echivalente cu relaţiile date în tabelul 5.2.

3) Schema iniţială se aduce prin transfigurări la forma indicată în figura 5.13, *b*, calculându-se R_{tot} şi X_{tot}.

4) Se determină valoarea efectivă a componentei periodice I_p (v. fg. 5.14) folosind legea lui Ohm:

$$I_p = \frac{U_0}{\sqrt{3} Z_{tot}} = \frac{400}{\sqrt{3} R_{tot}^2 + X_{tot}^2}. \qquad (5.16)$$

5) Se determină valoarea instantanee maximă a curentului de scurtcircuit i_{soc}, cu relaţia:

$$i_{soc} = k_{soc} \sqrt{2} I_p, \qquad (5.17)$$

în care $2 \geq k_{soc} \geq 1$ (valoare uzuală 1,8).

Scanned with OKEN Scanner

c. Verificarea aparatelor de comutaţie, la efectele produse de curenţii de scurtcircuit trifazat

Aparatele electrice sunt alese în funcţie de valorile mărimilor electrice (curent, tensiune etc.) din regimul normal de funcţionare a instalaţiei respective.

În cazul regimului de scurtcircuit ele sunt supuse la două eforturi suplimentare mari: *efortul electrodinamic* şi *efortul termic,* la care trebuie să reziste pe toată durata scurtcircuitului. Această capacitate a aparatului de a rezista la efortul electrodinamic se numeşte *stabilitate electrodinamică*, iar la cel termic, *stabilitate termică.*

• **Stabilitatea electrodinamică.** Solicitarea electrodinamică cea mai mare se produce atunci când prin circuit trece valoarea $i_{soc,}$ ce dă naştere unei forţe $F_{max} = ki_{soc,}$ ce se exercită perpendicular pe direcţia curentului. Dacă aparatul nu are stabilitate, atunci contactele lui pot fi deformate, iar izolatoarele, şuruburile de prindere etc. distruse. Pentru a aprecia dacă aparatul este sau nu stabil, furnizorul indică valoarea maximă a amplitudinii curentului pentru care el rezistă (i_{ap}), ce treuie să fie cel puţin egală cu valoarea $i_{soc,}$ calculată conform relaţiei (5.17), punctul k de scurtcircuit fiind ales chiar în locul din schemă unde se montează aparatul: $i_{ap} \geq i_{soc.}$

• **Stabilitatea termică.** Conform legii Joule-Lenz, pe durata scurtcircuitului are loc în rezistenţa aparatului o transformare energetică a puterii active în căldură, care ridică temperatura părţilor conductoare cu mult peste valorile regimului normal, ducând atât la o slăbire a rezistenţei mecanice, cât şi dielectrice. Calculul acestei cantităţi de căldură în regimul de scurtcircuit, când amplitudinea curentului este descrescătoare (v. fig. 5.14), este dificil şi atunci se utilizează relaţia:

$$Q_{scirc} = KI_p^2 t_f, \tag{5.18}$$

în care t_f este timpul fictiv şi reprezintă timpul în care valoarea efectivă a curentului de scurtcircuit stabilizat I_p produce aceeaşi cantitate de căldură ca şi curentul real variabil i_{sc} care acţionează în timpul real t. Valoarea timpului fictiv t_f se determină cu ajutorul nomogramelor funcţie de timpul real t şi I_p. În instalaţiile de joasă tensiune, se poate considera acoperitor $t_f \approx t$.

Verificarea stabilităţii termice a aparatului se face cu relaţia:

$$I_{ap}^2 t_{ap} > I_p^2 t_f. \tag{5.19}$$

în care I_{ap} este valoarea efectivă a curentului ce este suportat de aparat, pe o durată de timp egală cu $t_{ap.}$ Ambele valori sunt indicate în cartea tehnică a aparatului de către furnizor. Şi în acest caz, pentru determinarea lui I_p, punctul K de scurtcircuit este ales în locul din schemă unde se montează respectivul aparat.

Aplicaţie. Se consideră schema monofilară din figura 5.13, *a,* în care elementele cu caracteristicile:

T { $S_n = 400\,\text{kVA}$; $u_{sc\%} = 6\%$; $U_n = 400\,\text{V}$; $P_{Cu} = 6\,850\,\text{W}$

A { $I_n = 1\,000\,\text{A}$; $U_a = 500\,\text{V}$

TC { $K_c = 1\,000/5$; $U_n = 500\text{V}$

BC { $Al\,60 \times 8$, distanţe la 240 mm; $l_b = 4\,\text{m}$

$IP_{\text{Ш}}$ { $I_n = 350\,\text{A}$; $U_n = 500\,\text{V}$

L { *Cablu ACCYY* $3 \times 5 + 25$; Lungimea până la locul defect $l = 10\,\text{m}$

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare.

1) În figura 5.15. este dat modul de întocmire a schemei echivalente rezultate în raport cu punctul de scurtcircuit K.

2) Se determină valorile mărimilor din schema echivalentă.

$$X_{T1} = X_{T2} = \frac{U_{sc}\,[\%]}{100}\frac{U_n^2}{S_n^2} = \frac{6}{100}\frac{400^2}{400 \cdot 10^3} = 24 \cdot 10^{-3}\ \Omega;$$

$$R_{T1} = R_{T2} = P_{Cu}\frac{U_n^2}{S_n} = 6\,850\frac{400^2}{400^2 \cdot 10^6} = 6{,}85 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$R_{A1} = R_{A2} = 0{,}25 \cdot 10^{-3}\ \Omega$ (din catalogul furnizorului);

$X_{TC1} = X_{TC2} = 0{,}07 \cdot 10^{-3}\ \Omega$.

$R_{TC1} = R_{TC2} = 0{,}05 \cdot 10^{-3}\ \Omega$; (din catalogul furnizorului);

$R_{BC1} = R_{BC2} = r_0 \cdot l_b = 0{,}073 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0{,}29 \cdot 11^{-3}\ \Omega$; ($r_0$, x_0 luate din tabele).

$X_{BC1} = X_{BC2} = x_2 \cdot l = 0{,}189 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0{,}76 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

$R_{IP} = 0{,}2 \cdot 10^{-3}\ \Omega$; (din catalogul furnizorului)

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{10}{32 \cdot 50} = 6{,}25 \cdot 10^3\ \Omega$$

$$X_L = X_0 \cdot l = 0{,}07 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0{,}7 \cdot 10^{-3}\ \Omega.$$

3) Se determină R_{tot} și X_{tot} (fig. 5.15, *b*, *c*, *d*);

$$R_1 = R_2 = R_{T1} + R_{A1} + R_{TC1} + R_{BC1} = (6{,}85 + 0{,}25 + 0{,}05 + 0{,}29) \cdot 10^{-3} = 7{,}44 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

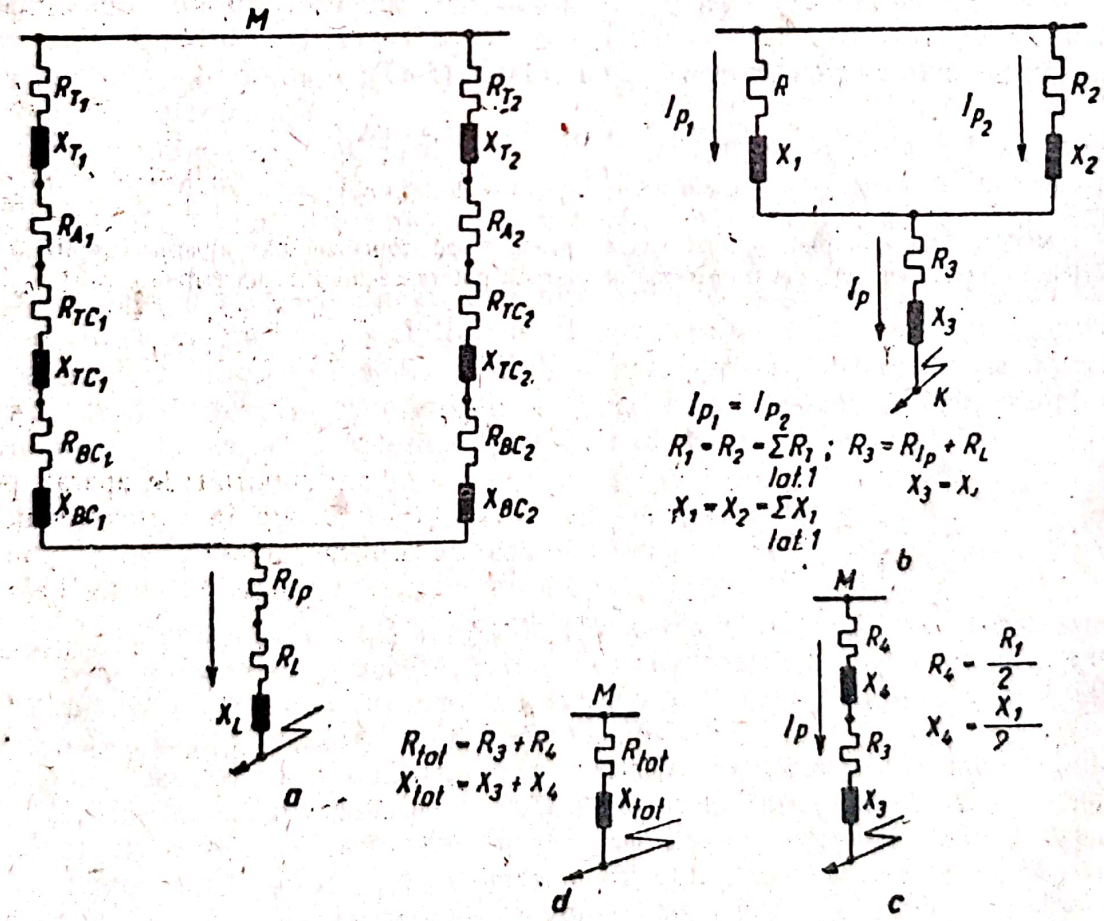


Fig. 5.15. Determinarea mărimilor R_{tot} și X_{tot} prin metoda transfigurării.

Scanned with OKEN Scanner

$$X_1 = X_2 = X_{T1} + X_{TC1} + X_{BC1} = (24 + 0{,}07 + 0{,}76)\,10^{-3} = 24{,}83 \cdot 10^{-3}\ \Omega;$$

$$R_3 = R_{IP} + R_L = (0{,}2 + 6{,}25)\,10^{-3} = 6{,}4\ 5 \cdot 10^{-3}\ \Omega;$$

$$X_2 = X_L = 0{,}7 \cdot 10^{-3}\ \Omega.$$

$$R_4 = \frac{R_1}{2} = \frac{7{,}44}{2}\,10^{-3} = 3{,}72 \cdot 10^{-3}\,\Omega;$$

$$X_4 = \frac{X_1}{2} = \frac{24{,}83}{2}\,10^{-3} = 12{,}42 \cdot 10^{-3}\,\Omega;$$

$$R_{tot} = R_3 + R_4 = (6.45 + 3{,}72)\,10^{-3} = 1\ 0{,}17 \cdot 10^{-3}\ \Omega;$$

$$X_{tot} = X_3 + X_4 = (0{,}7 + 12{,}42)\,10^{-3} = 1\ 3{,}12 \cdot 10^{-3}\ \Omega.$$

4) Se determină valoarea efectivă a componentei periodice a curentului de scurtcircuit I_p cu relaţia (5.16):

$$I_p = \frac{400}{\sqrt{3}\ \sqrt{10{,}17^2 + 13{,}12^2}}\,10^3 = 13{,}9 \cdot 10^3\ \text{A} = 13{,}9\,\text{kA}.$$

Dacă cele două transformatoare T_1 şi T_2 nu lucrează în paralel rezistenţa totală şi reactanţa R'tot şi X'tot vor creşte şi curentul I'p va fi mai mic:

$$R'_{tot} = R_1 + R_3 = (7{,}44 + 6{,}45)\,10^{-3} = \ 13{,}89 \cdot 10^{-3}\ \Omega;$$

$$X'_{tot} = X_1 + X_2 = (24{,}83 + 0{,}7)\,10^{-3} = \ 25{,}53 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$I'_2 = \frac{400}{\sqrt{3}\ \sqrt{13{,}89^2 + 25{,}52^2}}\,10^3 = 7{,}9\,\text{kA}.$$

5) Se determină valoarea i_{soc} cu relaţia (5.17):

$$i_{şoc} = 1{,}8 \cdot \sqrt{2} \cdot 13{,}9 = 35{,}45\ \text{kA}.$$

$$\text{işoc} = 1{,}8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7{,}9 = 20{,}15\ \text{kA}.$$

NOTĂ. Din exemplul de mai sus se poate trage concluzia că valoarea curentului de scurtcircuit creşte cu numărul transformatoarelor de putere ce lucrează în paralel.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 6

INSTALAŢII ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE DE LUMINĂ ŞI FORŢĂ

A. INSTALAŢII DE ILUMINAT ŞI PRIZE

1. NOŢIUNI DE LUMINOTEHNICĂ

Luminotehnica este un domeniu al ştiinţei care se ocupă cu studiul iluminatului; acesta este deosebit de important în activitatea omului. Multă vreme omul şi-a desfăşurat activitatea numai la lumina naturală. Din dorinţa de a-şi continua activitatea şi pe durata în care lumina naturală era insuficientă sau în locurile fără lumină naturală, omul a descoperit şi perfecţionat în timp sursele de iluminat artificial. Începând din a doua jumătate a secolului al XIX-lea, au apărut sursele de lumină electrice, care s-au perfecţionat într-atât, încât în prezent iluminatul artificial este practic în totalitate electric.

Din studiile care s-au făcut, a rezultat că iluminatul influenţează direct calitatea muncii depuse de om. Astfel, un iluminat bun (corect dimensionat, executat şi întreţinut) contribuie la diminuarea oboselii (în special a ochilor) în timpul lucrului, la ridicarea calităţii produselor realizate, la mărirea productivităţii muncii, la diminuarea numărului de accidente de muncă etc. Prin studii şi cercetări s-au stabilit condiţiile concrete — cantitative şi calitative — pe care trebuie să le îndeplinească iluminatul pentru fiecare loc de muncă. Aceste condiţii (cuprinse în norme şi standarde) au un caracter tehnico-economic şi de aceea ele diferă relativ mult de la ţară la ţară.

a.. Natura luminii

Lumina reprezintă radiaţiile electromagnetice care au proprietatea de a impresiona retina ochiului. Experimental, s-a constatat că aceste radiaţii au lungimea de undă cuprinsă în intervalul 0,38 μ ... 0,76 μ. Ele mai poartă denumirea de **radiaţii vizibile.**

Dacă pe retina ochiului ajung radiaţii de o singură lungime de undă, omul are senzaţia de culoare, care depinde de lungimea de undă. Astfel, pentru $\lambda = 0{,}38\ \mu$, senzaţia este de violet, pentru $\lambda = 0{,}76\ \mu$ — de roşu, pentru $\lambda = 0{,}556\ \mu$ — de galben-verzui etc. O astfel de lumină, în care sunt radiaţii de o singură lungime de undă, se numeşte **lumină monocromatică.**

Scanned with OKEN Scanner

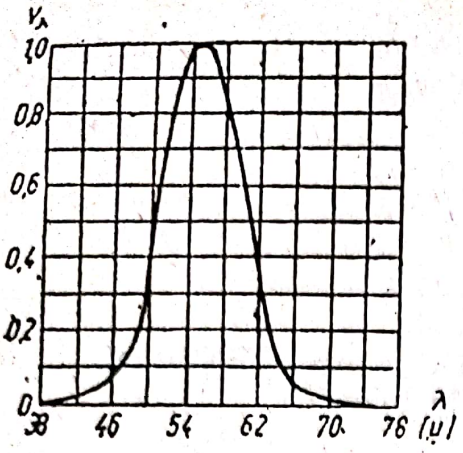


Fig. 6.1. Curba de variaţie cu lungimea de undă a sensibilităţii relative spectrale.

Din practică, s-a constatat că ochiul omului nu percepe la fel radiaţiile monocromatice, cu aceeaşi putere de emisie. Astfel, pentru lungimea de undă $\lambda_0 = 0{,}556\ \mu$ ochiul are cea mai mare sensibilitate. Dacă ochiul priveşte simultan două surse de aceeaşi putere ($p_{\lambda 0}$), care emit radiaţii luminoase, una pe lungimea de undă λ_0 şi alta pe o lungime de undă oarecare λ, prima dintre ele va apărea ochiului mai strălucitoare. Ca senzaţia luminoasă să fie aceeaşi, este necesar să se mărească puterea sursei a doua (care emite pe lungimea de undă λ) de la $p_{\lambda 0}$ la p_λ. Raportul $p_{\lambda 0}/p_\lambda$ este subunitar şi poartă numele de **sensibilitate relativă spectrală:**

$$v_\lambda = \frac{p_{\lambda 0}}{p_\lambda}. \tag{6.1}$$

În figura 6.1 este arătat modul cum variază v_λ cu lungimea de undă λ. Deci, dacă o sursă de lumină monocromatică emite pe lungimea de undă λ_i cu puterea $p_{\lambda i}$, ea provoacă ochiului aceeaşi senzaţie ca şi o sursă ce emite pe lungimea de undă λ_0 cu puterea $p_{\lambda 0}$:

$$p_{\lambda 0} = v_{\lambda i} p_{\lambda i}, \tag{6.2}$$

unde $v_{\lambda i}$ corespunde lungimii de undă λ_i din figura 6.1.

În acelaşi timp, rezultă că pentru toate radiaţiile electromagnetice cu lungimea de undă în afara domeniului (0,38...0,76) μ sensibilitatea relativă spectrală este nulă ($v_\lambda = 0$).

b. Mărimi şi unităţi fotometrice

• **Fluxul luminos.** Dacă o sursă de lumină emite simultan radiaţii luminoase pe mai multe lungimi de undă $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$ cu puterile respectiv $p_{\lambda 1}, p_{\lambda 2}, \ldots p_{\lambda n}$, aceasta va crea o senzaţie de aceeaşi intensitate ca şi puterea:

$$\psi = \sum_{i=1}^{u} v_{\lambda i} p_{\lambda i} \tag{6.3}$$

emisă pe lungimea de undă λ_0. Puterea ψ poartă numele de **flux luminos.** Unitatea de măsură este wattul luminos (Wl). În fotometrie, în sistemul internaţional se utilizează o altă unitate de măsură, lumenul (lm), care este de 680 de ori mai mică decât wattul luminos. De aceea fluxul luminos, exprimat în lumeni, este dat de relaţia:

$$\Phi = 680 \sum_{i=1}^{n} v_{\lambda i} p_{\lambda i}\ [\text{lm}]. \tag{6.4}$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă puterea totală a sursei de lumină este P (sursa de lumină emite în afară de radiaţii luminoase şi alte radiaţii electromagnetice, în special infraroşii), atunci randamentul sursei este:

$$\eta = \frac{\psi}{P} \left[\frac{\text{Wl}}{\text{W}}\right]. \qquad (6.5)$$

Acesta are valori de 1,5—2,5% pentru sursele cu filament incandescent şi 5—10% pentru sursele fluorescente. Mai des, în locul randamentului se utilizează **eficacitatea luminoasă** care este dată de raportul:

$$e = \frac{\Phi}{P} \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}}\right] \qquad (6.6)$$

Sursele cu filament incandescent au eficacitatea de 10—17 lm/W, iar cele fluorescente, de 34—70 lm/W.

• **Intensitatea luminoasă.** Aşa cum s-a arătat în capitolul 2, sursele de lumină sunt montate în corpuri de iluminat. Corpurile de iluminat nu au fluxul luminos uniform repartizat în toate direcţiile. Pentru a putea cunoaşte această distribuţie a fluxului luminos, s-a introdus noţiunea de *intensitate luminoasă* ($I_{\alpha,\beta}$). Aceasta reprezintă mărimea fluxului luminos pe o direcţie (α, β) în spaţiu, pornind din centrul sursei (sau corpului de iluminat). Matematic, aceasta se exprimă prin raportul:

$$I_{\alpha,\beta} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}, \qquad (6.7)$$

unde $\Delta\Omega$ este un unghi solid foarte mic în jurul direcţiei (α, β) (fig. 6.2), iar $\Delta\Phi$ este fluxul luminos cuprins în acest unghi solid.

O direcţie în spaţiu este determinată prin două unghiuri: unghiul β dintre un plan de referinţă (XOZ în fig. 6.2) şi planul care conţine direcţia şi unghiul pe care aceasta îl face cu verticala (OZ din fig. 6.2) sistemului de referinţă.

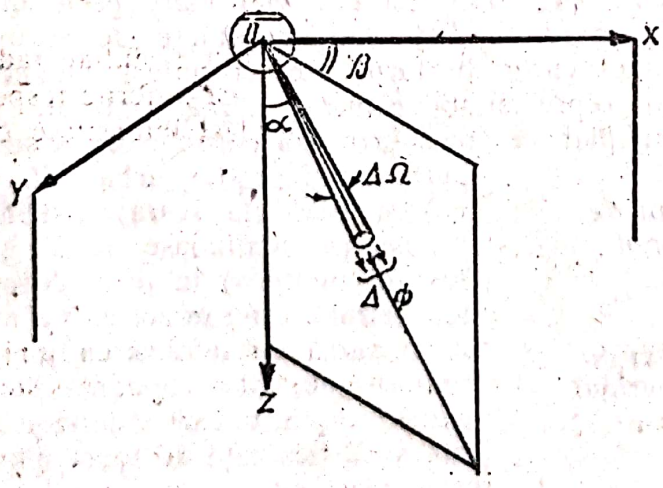


Fig. 6.2. Mărimile care intră în calculul intensităţii luminoase.

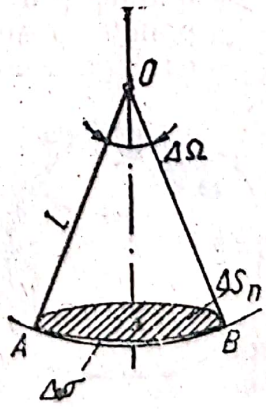


Fig. 6.3. Reprezentarea grafică a unui unghi solid.

Scanned with OKEN Scanner

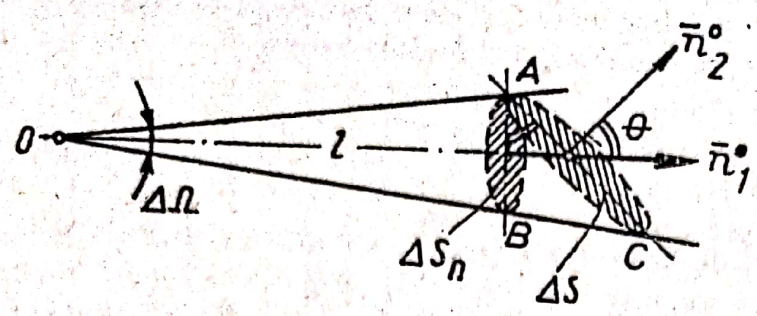


Fig. 6.4. Mărimile care intră în calculul unui unghi solid.

Prin unghi solid se înţelege o porţiune din spaţiu, mărginită de o suprafaţă conică (fig. 6.3). Matematic, acesta este egal cu raportul dintre aria porţiunii decupate pe o sferă de suprafaţa conică şi pătratul razei sferei. Suprafaţa decupată pe sferă de unghiul solid Ω (fig. 6.3) este calota sferică σ. Deci unghiul solid se exprimă prin relaţia:

$$\Omega = \frac{\sigma}{l^2} \tag{6.8}$$

şi se măsoară în steradiani. Când unghiul solid este foarte mic ($\Delta\Omega$), aria calotei sferice se poate aproxima cu aria bazei calotei sferice care este un cerc (ΔS_n) şi unghiul solid are valoarea:

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S_n}{l^2}. \tag{6.9}$$

Atunci când unghiul solid este foarte mic ($\Delta\Omega$) şi suprafaţa conică se sprijină pe suprafaţa plană ΔS, înclinată cu unghiul θ faţă de suprafaţa ΔS_n (fig. 6.4), valoarea sa este dată de relaţia:

$$\Delta\Omega = \frac{\Omega S_n}{l^2} = \frac{\Delta S \cos\theta}{l^2}. \tag{6.10}$$

Unghiul θ dintre suprafeţele ΔS şi ΔS_n este acelaşi cu unghiul dintre normalele n_1^0 şi n_2^0 la aceste suprafeţe (normala n_1^0 la ΔS_n, se confundă cu axa unghiului solid).

Unitatea de măsură a intensităţii luminoase este candela (cd), care este echivalentă cu fluxul de un lumen cuprins într-un unghi solid de un steradian.

Dacă dintr-un punct pe fiecare direcţie în spaţiu s-ar lua câte un segment proporţional cu intensitatea luminoasă pe acea direcţie, extremităţile acestor segmente vor forma o suprafaţă. Aceasta se numeşte **suprafaţă de distribuţie a intensităţii luminoase** (*DIL*), iar corpul cuprins în interiorul ei, **corp** *DIL* (fig. 6.5). La cea mai mare parte dintre corpurile de iluminat suprafeţele *DIL* sunt suprafeţe de revoluţie (obţinute prin rotaţia unei curbe în jurul axei corpului). De aceea, suprafaţa poate fi uşor reprezentată printr-o curbă, obţinută prin intersecţia acesteia cu un plan ce trece prin axa corpului de iluminat.

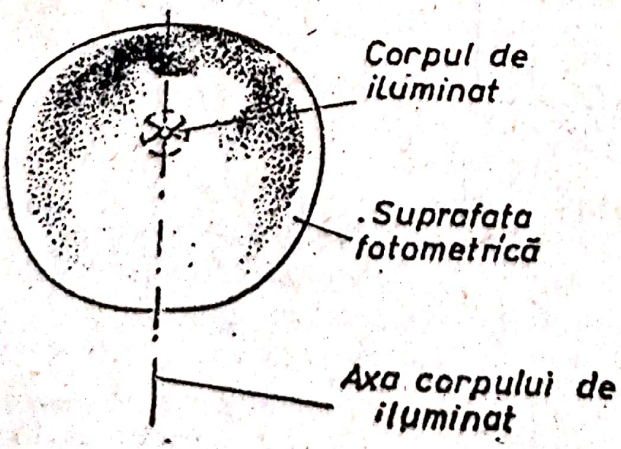


Fig. 6.5. Suprafaţa şi corpul fotometric (*DIL*).

Curba se numeşte **curbă** *DIL* (fig. 6.6) şi redă (la scară) distribuţia intensităţii luminoase (deci şi a fluxului luminos) în jurul corpului de iluminat, când în acesta s-a montat o sursă de lumină cu un flux luminos de 1000 lumeni. Pentru aceste situaţii, în care suprafaţa *DIL* este simetrică faţă de toate planele care trec prin axa corpului de iluminat, în exprimarea intensităţii luminoase este suficient numai unghiul α. Curba *DIL* permite deter-

Scanned with OKEN Scanner

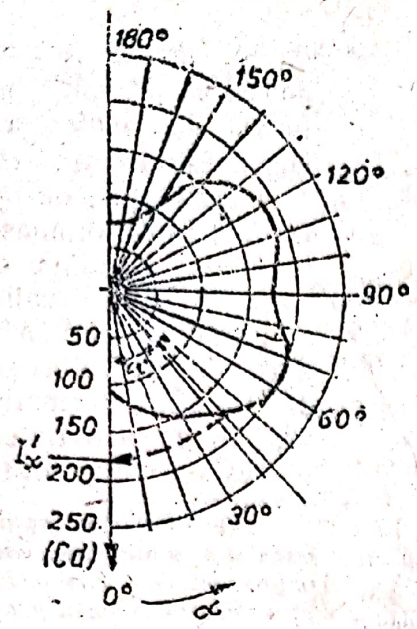


Fig. 6.6. **Curbă de distribuţie a intensităţii luminoase** (*CDIL*).

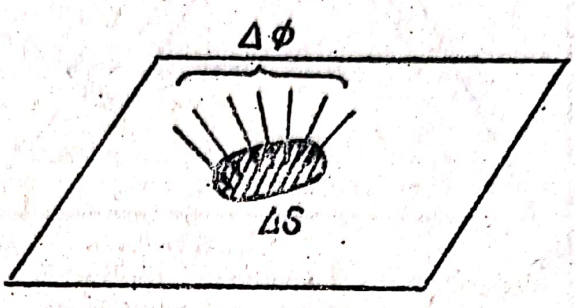


Fig. 6.7. **Mărimile care intră în calculul iluminării.**

minarea intensităţii luminoase a unui corp de iluminat pe o direcţie α astfel:

— se duce pe graficul *CDIL*, din centrul sistemului de axe, o direcţie ce face cu axa verticală unghiul α cunoscut (fig. 6.6);

— se determină punctul de intersecţie dintre *CDIL* şi direcţia dusă; distanţa de la centru la acest punct este, la scara desenului, intensitatea luminoasă I'_α. Pentru a o afla uşor, pe *CDIL* se duc curbe de egală intensitate luminoasă *(izocandele)* suficient de apropiate (în cazul figurii 6.6, izocandelele sunt duse din 50 în 50 de candele);

— intensitatea reală a corpului de iluminat pe direcţia $\alpha(I_\alpha)$ se calculează cu relaţia:

$$I_\alpha = I'_\alpha \frac{\Phi_l}{1000}, \tag{6.11}$$

unde Φ_l, este fluxul luminos al lămpii cu care este echipat corpul de iluminat.

• **Iluminarea.** Iluminarea este o măsură a fluxului luminos care luminează o suprafaţă. Se exprimă prin raportul dintre fluxul luminos şi aria pe care cade acesta (fig. 6.7):

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} \tag{6.12}$$

Unitatea de măsură este luxul* (lx), care reprezintă fluxul luminos de 1 lm, raportat la o arie de 1 m^2.

Când fluxul luminos $\Delta\Phi$ este trimis pe suprafaţa ΔS de unul sau mai multe corpuri de iluminat (flux direct), iluminarea E este o iluminare directă. Când $\Delta\Phi$ este un flux reflectat de pereţii şi tavanul din încăpere, iluminarea E este o iluminare reflectată, iar cînd $\Delta\Phi$ este o sumă de

* Pluralul este „lucşi".

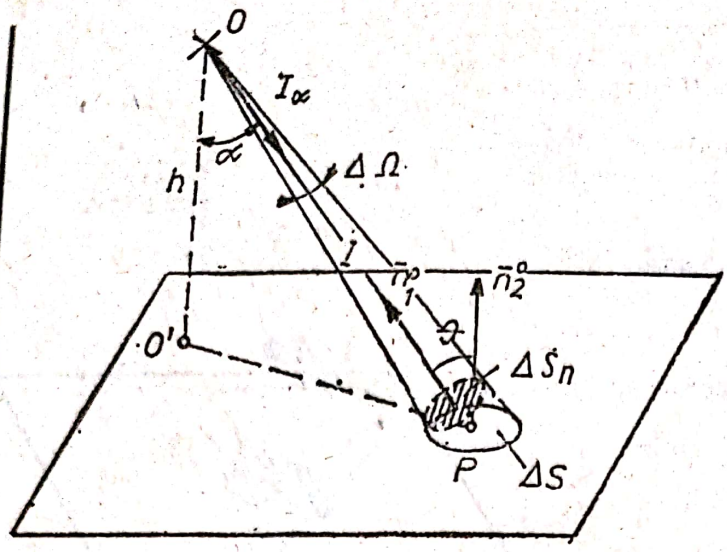


Fig. 6.8. **Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă pentru o sursă punctiformă.**

fluxuri directe şi reflectate, iluminarea E este iluminarea totală (şi reprezintă suma iluminărilor directă şi reflectată).

Instalaţiile de iluminat trebuie astfel dimensionate, încât pe planul pe care se lucrează să se realizeze o anumită valoare a iluminării. Aceste valori sunt indicate în normative în funcţie de activitatea care se desfăşoară în încăpere.

Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă. Aceasta se obţine calculând iluminarea directă pe care o dă o sursă punctiformă O (de exemplu un corp de iluminat incandescent) într-un punct P (fig. 6.8). Se alege în jurul punctului P o suprafaţă foarte mică ΔS. Aceasta este iluminată de un flux $\Delta\Phi$ trimis de sursa O în unghiul solid $\Delta\Omega$, aflat sub o înclinare α faţă de axa sursei.

Se mai utilizează notaţiile:

I_α — intensitatea luminoasă pe direcţia α, trimisă de sursă către punctul P.

l — distanţa de la sursă la punctul $P(OP)$;

θ — unghiul dintre raza de lumină OP şi normala (n_2^0) la suprafaţa ΔS.

Deoarece suprafaţa ΔS s-a ales foarte mică, toate punctele din aceasta vor avea aceeaşi iluminare. Deci iluminarea în punctul P, după relaţia 6.12 este $E_p = \Delta\Phi/\Delta S$. Utilizând relaţiile (6.7), (6.9), (6.10), şi notaţiile de mai sus, rezultă:

$$E_p = \frac{I_\alpha \Delta\Omega}{\Delta S} = \frac{I_\alpha}{\Delta S}\frac{\Delta S_n}{l^2} = \frac{I_\alpha}{\Delta S}\frac{\Delta S\cos\theta}{l^2} = \frac{I_\alpha\cos\theta}{l^2}, \qquad (6.13)$$

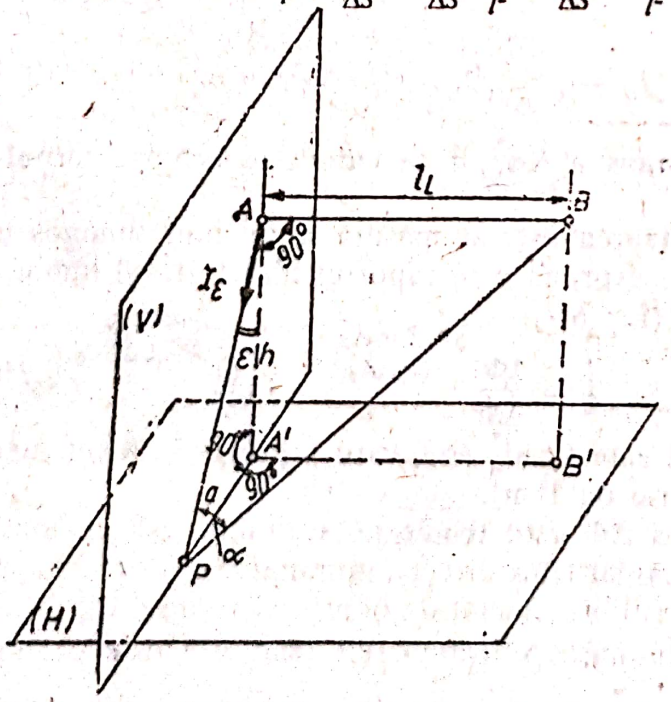


Fig. 6.9. **Legătura iluminării cu intensitatea luminoasă pentru o sursă liniară.**

Pentru cazul particular în care $a = \theta$ (axa corpului de iluminat este perpendiculară pe planul în care se află punctul P), relaţia (6.13) se scrie:

$$E_p = \frac{I_\alpha\cos\alpha}{l^2} = \frac{I_\alpha\cos^3\alpha}{h^2} \qquad (6.14)$$

unde h este distanţa de la corpul de iluminat la planul punctului P (fig. 6.8). I_α se va determina folosind curba fotometrică (*CDIL*) şi relaţia (6.11)

Dacă sursa de lumină este liniară (de exemplu un corp de iluminat fluorescent), relaţia dintre iluminarea în punctul P (fig. 6.9) şi intensitatea luminoasă este:

$$E_p = \frac{I_\varepsilon h}{a^2+h^2}\frac{2\alpha+\sin 2\alpha}{4l_L}. \qquad (6.15)$$

Scanned with OKEN Scanner

Relaţia (6.15) se utilizează numai pentru poziţia particulară a punctului P desenată în figura 6.9. Punctul P trebuie să se afle într-un plan orizontal H şi pe dreapta care rezultă din intersecţia planului H cu un plan vertical V, dus printr-unul din capetele sursei (capătul A în fig. 6.9).

Notaţiile folosite au următoarele semnificaţii:

h este distanţa de la sursa AB pe planul orizontal H ($h = AA$);

a — distanţa dintre P şi A;

$\varepsilon = \text{arc tg}\,\frac{a}{h}$ (din triunghiul dreptunghic APA') este unghiul după care este dirijată intensitatea luminoasă (I_ε) către punctul P;

l_L — lungimea corpului de iluminat AB;

$\alpha = \text{arc tg}\,\frac{l_L}{\sqrt{a^2 + h^2}}$ (din triunghiul dreptunghic APB) este unghiul sub care se vede din puncxtul P sursa de lumină.

În cazul real, punctul P se află într-una din poziţiile desenate în figura 6.10. În prima situaţie (figurile 6.10, *a* 1, şi 6.10, *b* 1), iluminarea în P se determină ca fiind diferenţa dintre iluminările date de sursele ipotetice $MB = l_1$ şi $MA = l_2$:

$$EP = \frac{I\varepsilon h}{a^2 + h^2} - \left(\frac{2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1}{4l_L} - \frac{2\alpha_2 + \sin 2\alpha_2}{4l_L}\right). \qquad (6.16)$$

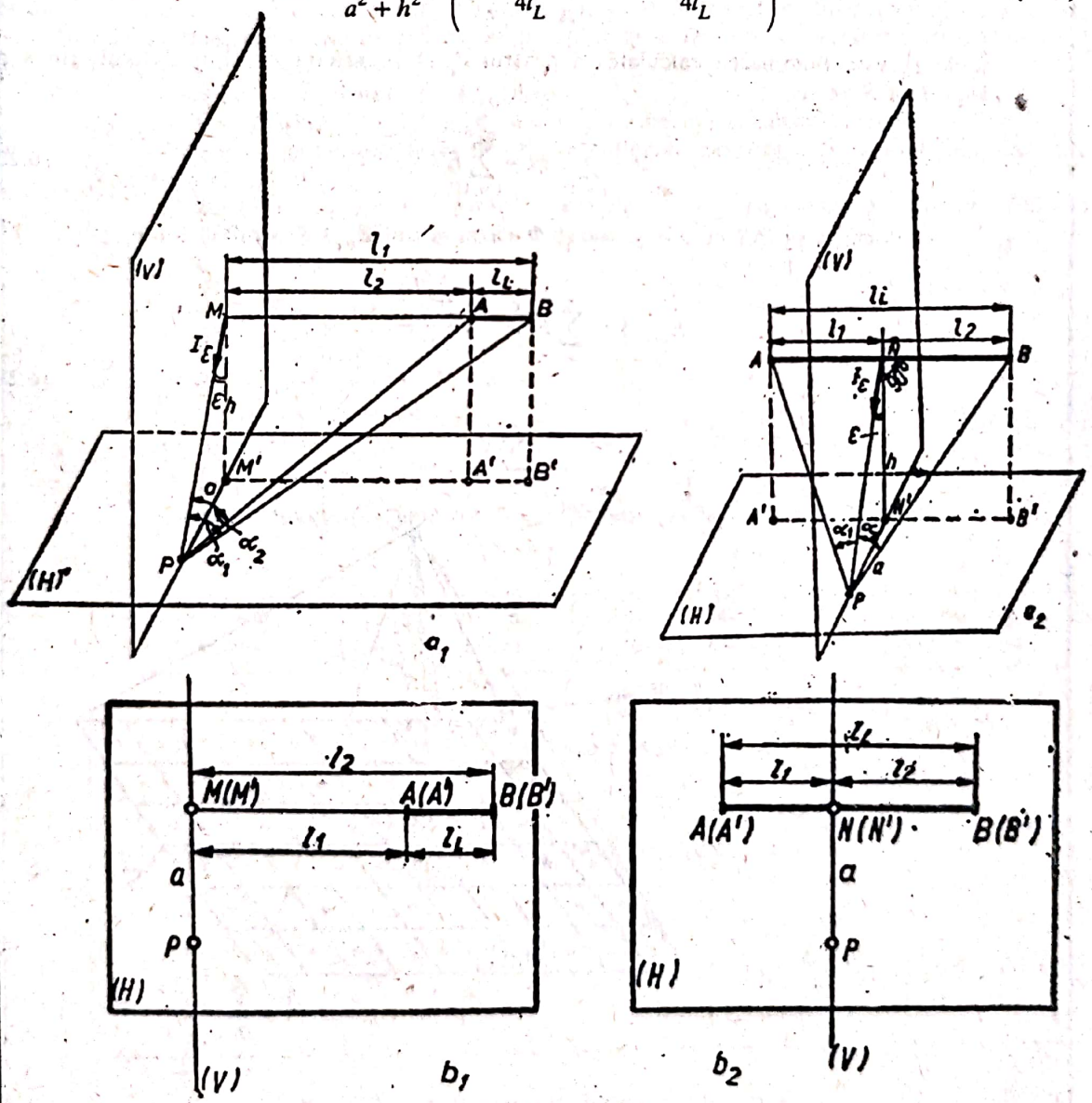


Fig. 6.10. Poziţiile reale ale punctului P în raport cu sursa liniară;
a_1, a_2 — vederi în spaţiu; b_1, b_2 — vederi în plan.

Scanned with OKEN Scanner

unde ε, a, h, l_L, au semnificaţiile cunoscute, iar α_1 şi α_2 sunt:

$$\alpha_1 = \text{arc tg}\frac{l_1}{\sqrt{a^2+h^2}}; \quad \alpha_2 = \text{arc tg}\frac{l^2}{\sqrt{a^2+h^2}}. \tag{6.17}$$

În a doua situaţie (figurile 6.10, *a*2 şi 6.10, *b*2), iluminarea în P se determină ca fiind suma dintre iluminările date de sursele ipotetice $NB = l_1$ şi $NA = l_2$.

$$E_P = \frac{I\varepsilon h}{a^2+h^2}\left(\frac{2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1}{4l_L} + \frac{2\alpha_2 + \sin 2\alpha_2}{4l_L}\right), \tag{6.18}$$

unde ε, a, h şi l_L îşi păstrează semnificaţiile şi α_1 şi α_2 se determină cu relaţiile (6.17).

În figura 6.10, *b* sunt arătate aceleaşi poziţii ale punctului P în raport cu corpul de iluminat, desenate însă în plan. Trebuie observat că numai mărimile a, l_1, l_2 şi l_L se văd în adevărată mărime, celelalte trebuie calculate cu relaţiile corespunzătoare.

Iluminarea directă medie (E_{med}). Fluxul luminos trimis de o sursă O (fig. 6.11) pe o suprafaţă întinsă S nu este uniform distribuit.

Suprafaţa S se împarte în n suprafeţe egale $\Delta S = S/n$. Cu cât numărul n se alege mai mare, cu atât calculul va fi mai exact, deoarece suprafeţele ΔS vor fi atât de mici încât pe fiecare din ele se poate aprecia că fluxul cade uniform. Fluxul pe o astfel de suprafaţă va fi:

$$\Delta\varphi_i = E_i \Delta S, \tag{6.19}$$

unde E_i este iluminarea calculată în centrul P_i al suprafeţei ΔS. Fluxul total trimis pe suprafaţa S va fi:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \Delta\varphi_i = \sum_{i=1}^{n} E_i \Delta S. \tag{6.20}$$

Înlocuind pe ΔS cu S/n şi fluxul Φ cu produsul $E_{med}\, S$ rezultă:

$$E_{med} S = \sum_{i=1}^{n} E_i \frac{S}{n} = S\frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n}; \tag{6.21}$$

$$E_{med} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n}$$

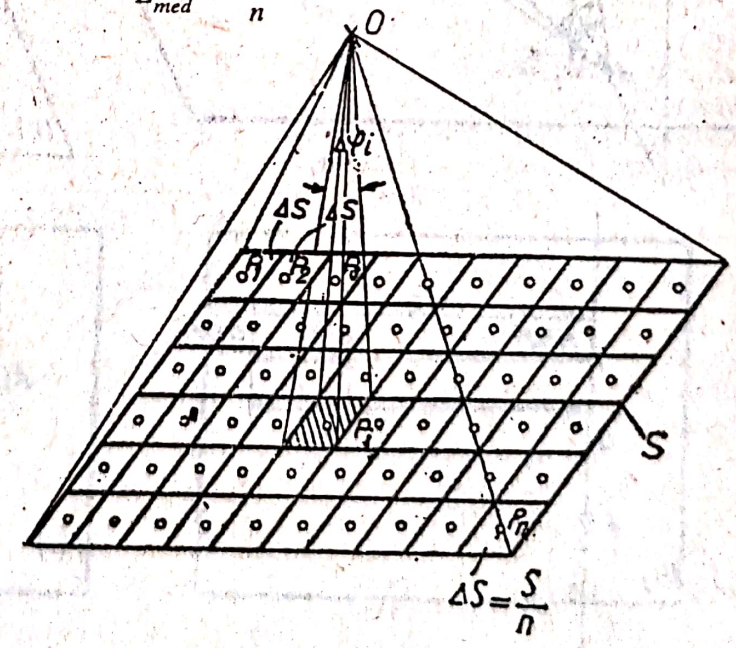


Fig. 6.11. **Calculul iluminării directe medii pe o suprafaţă întinsă.**

Scanned with OKEN Scanner

Deci iluminarea directă medie pe o suprafaţă întinsă S este media aritmetică a iluminărilor calculate în centrele unor suprafeţe egale.

Pentru calculele practice ale iluminării directe medii, se vor folosi relaţiile (6.13), (6.14), (6.16) şi (6.18), în care termenul din dreapta se va înmulţi cu un coeficient Δ (*coeficientul de depreciere*). Valorile coeficientului de depreciere sunt indicate în *Normativul PE 136* (acestea indică faptul că iluminarea scade din cauza degajărilor de praf din încăpere şi scăderii fluxului luminos al surselor de lumină în timp datorită îmbătrânirii).

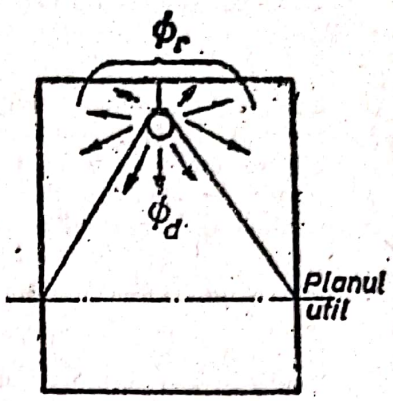


Fig. 6.12. **Distribuţia fluxului luminos într-o încăpere.**

Iluminarea reflectată medie. Fluxul luminos (Φ_c) al corpurilor de iluminat dintr-o încăpere se împarte în două părţi (fig. 6.12);

Φ_d — fluxul ce este trimis direct pe planul ce trebuie iluminnat şi pe care se desfăşoară o activitate utilă (numit *plan util*);

Φ_r — fluxul ce este trimis pe pereţii şi tavanul încăperii.

Fluxul Φ_r va fi reflectat de pereţii şi tavanul încăperii în proporţie $\rho_m\Phi_r$, unde ρ_m este *coeficientul mediu de reflexie* al pereţilor şi tavanului. Acest flux $\rho_m\Phi_r$ retrimis în încăpere este dirijat astfel:

— o parte pe planul util γ ($\rho_m\Phi r$);

— restul, adică $(1 - \gamma)\,\rho_m\Phi_r$ din nou pe pereţii şi tavanul încăperii.

Prin γ s-a notat proporţia din fluxul reflectat de pereţii şi tavanul încăperii care ajunge pe planul util.

Fluxul $(1 - \gamma)\,\rho_m\Phi_r$ va urma acelaşi drum ca şi fluxul Φ_r, aşa cum rezultă din tabelul 6.1. Pe planul util va ajunge fluxul Φ_R:

TABELUL 6.1

Calculul fluxului ce determină componenta reflectată pe planul util

Flux ce ajunge pe planul util	Flux reflectat de pereţi şi tavan	Flux ce cade pe pereţi şi tavan	Flux absorbit de pereţi şi tavan
$\gamma\rho_m\Phi_r$	$\rho_m\Phi_r$	Φ_r	$(1-\rho_m)\Phi_r$
$\gamma(1-\gamma)\rho_m^2\Phi_r$	$(1-\gamma)\rho_m^2\Phi_r$	$(1-\gamma)\rho_m\Phi_r$	$\rho_m(1-\rho_m)(1-\gamma)\Phi_r$
$\gamma(1-\gamma)^2\rho_m^3\Phi_r$	$(1-\gamma)^2\rho_m^3\Phi_r$	$(1-\gamma)^2\rho_m^2\Phi_r$	$\rho_m^2(1-\rho_m)(1-\gamma)^2\Phi_r$
⋮	⋮	⋮	⋮
$\gamma(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\Phi_r$	$(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\Phi_r$	$(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^{n-1}\Phi_r$	$\rho_m^{n-1}(1-\rho_m)(1-\gamma)^{n-1}\Phi_r$
⋮	⋮	$(1-\gamma)^n\rho_m^n\Phi_r$	⋮

$$\Phi_R = \gamma\rho_m\Phi_r + \gamma(1-\gamma)\,\rho_m^2\,\Phi_r + \gamma(1-\gamma)^2\,\rho_m^3\,\Phi_r + \ldots +$$

$$+ \gamma(1-\gamma)^{n-1}\rho_m^n\,\Phi_r + \ldots = \frac{\gamma\rho_m\Phi_r}{1-\rho_m(1-\gamma)}, \qquad (6.22)$$

Înlocuind fluxul Φ_r cu:

$$\Phi_r = \Phi_c - \Phi_d = \Phi_c \left(1 - \frac{\Phi_d}{\Phi_c}\right) = \xi \Phi_c = \xi \Delta N_n \Phi_l, \tag{6.23}$$

unde cu ξ s-a notat diferența din paranteză, cu Λ — coeficientul de depreciere al fluxului din încăpere, cu η — randamentul corpului de iluminat, cu N — numărul de corpuri de iluminat din încăpere, cu n — numărul de lămpi cu care se echipează un corp de iluminat și cu Φ_l — fluxul luminos al unei lămpi și înlocuind (6.23) în (6.22) și împărțind la aria planului util (S), rezultă iluminarea reflectată medie:

$$E_R = \frac{\Delta \gamma \rho_m \xi N n \Phi_l}{[1 - \rho_m (1 - \gamma)] S_d}. \tag{6.24}$$

Pentru ρ_m și γ se pot utiliza relațiile:

$$\rho_m = \frac{\rho_p S_p + \rho_t S_t}{S_p + S_t}, \tag{6.25}$$

unde ρ_p și ρ_t sunt coeficienții de reflexie pentru pereți și respectiv tavan, iar S_p și S_t ariile:

$$\gamma = \frac{S_t}{S_p + S_t}, \tag{6.26}$$

unde S_p și S_t sunt ariile deja cunoscute.
Pentru calculul lui ξ, fluxul direct Φ_d se determină cu relația:

$$\Phi_d = E_{med} S_d. \tag{6.27}$$

unde E_{med} este iluminarea directă medie pe planul util, care se calculează așa cum s-a arătat în paragraful anterior.

c. Calculul fotometric al instalațiilor de iluminat interior

Acesta se poate referi la *dimensionarea* instalației de iluminat sau la *verificarea* instalației de iluminat.

Dimensionarea presupune determinarea fluxului necesar unei instalații de iluminat astfel ca aceasta să realizeze un anumit nivel de iluminare pe planul util, în timp ce verificarea constă în calculul iluminării medii pe care o poate realiza instalația pe planul util și compararea acesteia cu valoarea recomandată de norme.

Cele mai utilizate metode sunt:
— pentru dimensionare: *metoda factorului de utilizare;*
— pentru verificare: *metoda punct cu punct.*

• **Metoda factorului de utilizare.** Fluxul necesar unei instalații de iluminat se determină cu relația

$$\Phi_{nec} = \frac{E_m S_d}{u}, \tag{6.28}$$

unde:
E_m este iluminarea medie ce trebuie realizată pe planul util;
S_d — aria planului util;
u — factorul de utilizare al instalației de iluminat.

Pentru o încăpere a cărei destinație și geometrie se cunosc, E_m și S_d se pot afla cu ușurință.

Pentru valoarea lui u, se folosesc tabele din care acesta se determină în funcție de următoarele caracteristici fotometrice și geometrice:

— tipul corpului de iluminat, care hotărește tabelul din care se determină valoarea factorului de utilizare*;

* Se vor utiliza *Cataloagele de corpuri de iluminat.*

Scanned with OKEN Scanner

— coeficienţii de reflexie ρ_p şi ρ_t, care depind de zugrăveala pereţilor şi tavanului;
— geometria încăperii, care este apreciată prin indicele de local *i*. Acesta se calculează cu relaţia:

$$i = \frac{ab}{h\,(a+b)}, \tag{6.29}$$

unde:

a este lungimea încăperii;
b — lăţimea încăperii;
h — distanţa de la planul corpurilor de iluminat la planul util.

Pentru a dimensiona o instalaţie de iluminat prin metoda factorului de utilizare este necesar să se treacă prin următoarele etape:
— se alege nivelul de iluminare necesar pe planul util şi înălţimea acestuia faţă de pardoseală h_n (ţinând seamă de recomandările din *Normativul PE*-136);
— se stabilesc coeficienţii de reflexie pentru pereţi şi tavan;
— se alege tipul corpului de iluminat şi înălţimea de amplasare faţă de plafon h_a. Corpurile de iluminat vor trebui astfel amplasate, încât distanţa de la corp la pardoseală să fie mai mare de 2,5 m (fac excepţie numai corpurile de iluminat din locuinţe şi corpurile fixate pe pereţi);
— se calculează indicele localului cu relaţia (6.28);
— se determină (interpolând) valoarea factorului de utilizare *u*, utilizând datele din cataloagele corpurilor de iluminat;
— se află fluxul necesar cu relaţia (6.28).

Odată cunoscut fluxul necesar, se determină fluxul lămpii (deci puterea lămpii) ce trebuie montată într-unul din corpuri, cu relaţia:

$$\Phi_l = \frac{\Phi_{nec}}{N_n}, \tag{6.30}$$

unde *n* este numărul de lămpi cu care se echipează corpul de iluminat şi *N* numărul de corpuri ce se alege pentru a forma instalaţia.

Se poate proceda şi invers, determinând numărul *N* de corpuri ce trebuie să compună instalaţia dacă se alege lampa cu care se echipează corpul (se alege Φ_l):

$$N = \frac{\Phi_{nec}}{n\Phi_l}. \tag{6.30'}$$

Numărul *N* rezultat din calcul se rotunjeşte până la o valoare ce trebuie să convină astfel ca instalaţia să se poată amplasa simetric şi uniform pe plafon. Când acest lucru nu este posibil, se modifică *n* sau Φ_l (sau ambele), până se obţine o soluţie avantajoasă.

• **Metoda punct cu punct** constă în a determina iluminarea medie pe planul util:

$$E_m = E_{med} + E_R, \tag{6.31}$$

unde E_{med} şi E_R sunt iluminările medii, directă şi reflectată.

Pentru acestea se vor folosi relaţiile (6.21) şi (6.24). Este necesară observaţia că în relaţia (6.21) iluminarea E_i trebuie să fie iluminarea directă în punctul *i*, dată de toate corpurile de iluminat din încăpere (care se obţine prin însumarea iluminărilor date de fiecare dintre corpurile de iluminat).

O instalaţie de iluminat se apreciază că este bună, dacă valoarea E_m este egală sau mai mare (în limita a 10%) decât valoarea recomandată pentru activitatea ce se desfăşoară în încăpere şi dacă uniformitatea iluminării pe planul util este mai mare de 0,65. Uniformitatea iluminării este exprimată prin *coeficientul de uniformitate*:

$$c_u = \frac{E_{min}}{E_m} \geq 0{,}65, \tag{6.32}$$

unde E_{min} este iluminarea minimă ce se realizează pe planul util.

Scanned with OKEN Scanner

d. Amplasarea corpurilor de iluminat

Nu există norme care să fixeze un mod obligatoriu de amplasare a corpurilor de iluminat. În cele ce urmează se vor indica numai câteva reguli simple de amplasare a corpurilor de iluminat, acceptate în tehnica iluminatului:

— **amplasarea simetrică** (fig. 6.13) se adoptă când numărul de corpuri de iluminat este mare, arhitectura plafonului permite aceasta şi când suprafaţa ferestrelor este sub 30% din suprafaţa peretelui pe care acestea se găsesc. Distanţa dintre corpurile de iluminat este dublă faţă de distanţa dintre ultimul rând de corpuri de iluminat şi perete (pe ambele direcţii);

— **amplasarea asimetrică** (fig. 6.14) se adoptă când unul din pereţi este mult vitrat. Asimetria va fi numai pe o direcţie; tot câmpul de corpuri de iluminat se apropie de peretele vitrat, astfel ca distanţa dintre acesta şi primul şir de corpuri de iluminat să nu fie mai mare de 0,8—1 m. Dacă încăperea are doi pereţi perpendiculari mult vitraţi, asimetria se va extinde pe ambele direcţii;

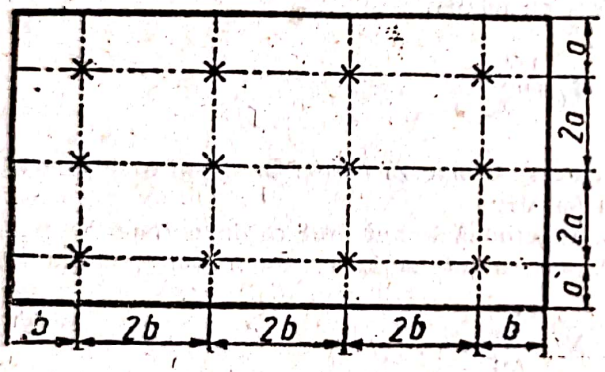


Fig. 6.13. Amplasarea simetrică a corpurilor de iluminat.

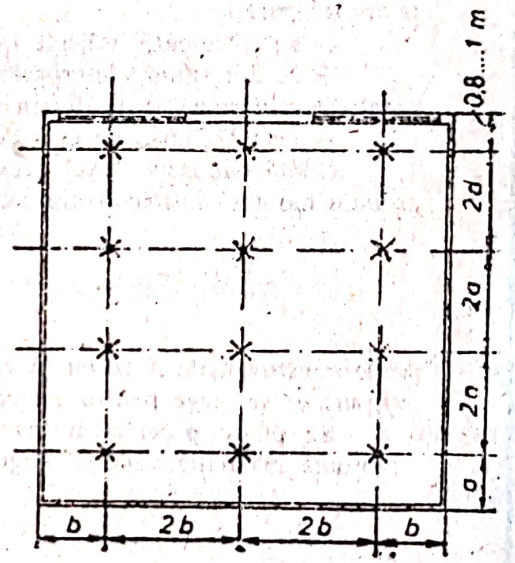


Fig. 6.14. Amplasarea asimetrică a corpurilor de iluminat.

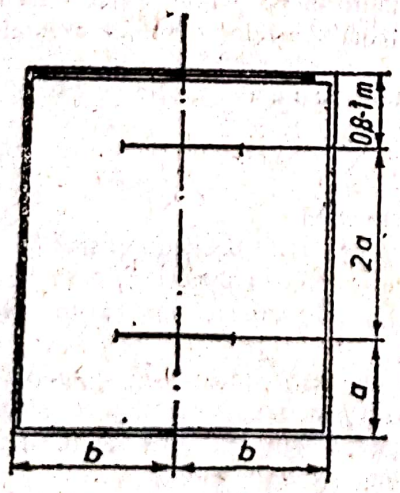


Fig. 6.15. Amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente în încăperile de lucru.

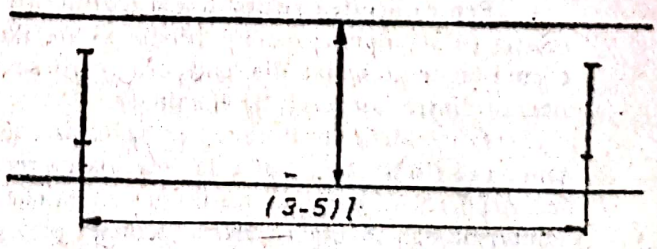


Fig. 6.16. Amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente pe culoare.

— **amplasarea corpurilor de iluminat fluorescente;**

— în încăperile de lucru se amplasează de regulă, cu axa longitudinală paralelă cu peretele vitrat (fig. 6.15);

— pe culoare se amplasează cu axa longitudinală perpendiculară pe axa acestora (fig. 6.16).

2. ÎNTOCMIREA SCHEMELOR ŞI PLANURILOR INSTALAŢIILOR DE ILUMINAT ŞI PRIZE

a. Clasificare

Instalaţiile electrice pentru iluminat dintr-o clădire se clasifică astfel:

— **instalaţia electrică pentru iluminat normal,** care serveşte pentru alimentarea cu energie electrică a corpurilor de iluminat care asigură desfăşurarea activităţii normale în clădire;

— **instalaţia electrică pentru iluminatul de siguranţă,** care serveşte pentru alimentarea cu energie electrică a unor corpuri de iluminat în cazul defectării instalaţiei electrice pentru iluminatul normal.

Iluminatul de siguranţă, la rândul lui, poate fi:

— *pentru continuarea lucrului,* care se prevede în încăperile unde funcţionează receptoare electrice de categorie zero (de exemplu săli de operaţii, de reanimare, studiouri de radio, de televiziune etc.);

— *pentru evacuarea personalului din clădire,* care se prevede în încăperile şi pe căile de circulaţie din clădire când în şi pe acestea se află mai mult de 50 de persoane simultan (se prevede practic în toate clădirile industriale şi social-administrative);

— *contra panicii,* care se prevede în încăperile cu aglomerări mari de persoane: peste 400 persoane (de exemplu în sălile de teatru, cinematograf etc.);

— *pentru circulaţie*, care se prevede în încăperile cu aglomerări de persoane şi cu multe obstacole pe căile de evacuare (de exemplu în marile magazine comerciale, hale industriale etc.);

— *pentru veghe*, care se prevede în încăperile în care pe timpul nopţii se efectuează serviciul de supraveghere (de exemplu, în dormitoare din creşe, camere de bolnavi etc.);

— *pentru marcarea hidranţilor,* care se prevede pentru a permite identificarea uşoară a poziţiei hidranţilor pe timpul nopţii;

— *de pază,* care se prevede în clădiri sau în incintele acestora, pentru a le asigura mai uşor securitatea.

b. Condiţii pentru alimentarea corpurilor de iluminat şi prizelor

Alimentarea corpurilor de iluminat şi prizelor se face prin circuite electrice de la tablourile secundare de lumină. Pentru formarea circuitelor electrice, trebuie respectate **prevederile normativului I-7-90** (privind proiectarea şi executarea instalaţiilor electrice la consumatori, cu tensiuni până la 1 000 V). Cele mai importante dintre acestea sunt:

— corpurile de iluminat sunt receptoare monofazate care se leagă la o conductă de fază, după ce în prealabil aceasta a trecut prin întreruptor şi la

Scanned with OKEN Scanner

conducta de nul de lucru. Partea metalică a corpului de iluminat se leagă la conducta de nul de protecţie numai în cazurile în care corpul de iluminat se montează la mai puţin de 2 m de la pardoseală sau se montează într-o încăpere cu pericole de electrocutare;

— corpurile de iluminat fluorescente se montează numai cu condensatoare pentru ameliorarea factorului de putere, astfel ca montajul să aibă factorul de putere cos $\varphi = 0{,}95$;

— corpurile de iluminat şi prizele electrice nu se montează pe materiale combustibile;

— dispozitivele de prindere a corpurilor de iluminat se vor proiecta şi executa astfel încât să reziste la de 5 ori greutatea corpului de iluminat, dar cel puţin a 10 kgf (100 N). Nu este admis ca suspendarea corpurilor de iluminat să se facă de conductele electrice de alimentare;

— întreruptoarele pentru acţionarea corpurilor de iluminat se montează pe pereţi la 1,5 m de la pardoseală şi la 0,8 m de elemente sau instalaţii metalice aflate în contact direct cu solul (ţevi pentru apă rece, pentru încălzire etc.);

— prizele electrice se montează:

- — la 1,5 m de la pardoseală în camerele pentru copii din creşe, grădiniţe, spitale şi cămine;
- — la 2,0 m de la pardoseală în clasele din şcoli;
- — la 0,1 m de la pardoseală în locuinţe, instituţii, clădiri social-administrative;
- — la înălţimea necesară din punct de vedere funcţional în industrie, în laboratoarele din învăţământ, cercetare etc.;
- — în pardoseală, în încăperile cu suprafeţe mari şi unde este necesară racordarea unui număr mare de receptoare (în atelierele de proiectare, în industrie). În aceste cazuri se prevăd obligatoriu prize cu gradul normal de protecţie *IP* 54* şi rezistente la lovituri mecanice;

— prizele se prevăd obligatoriu cu contact de protecţie (ce se va lega la conducta de nul de protecţie) în încăperile cu pardoseala bună conducătoare de electricitate;

— când se montează pe acelaşi perete mai multe aparate electrice, ordinea de aşezare a lor de sus în jos este:

- — întreruptoare, comutatoare, butoane pentru lumină;
- — butoane pentru sonerii;
- — prize pentru lumină;
- — prize pentru telefoane, antenă colectivă, difuzoare;

— în grupurile sanitare prevăzute numai cu lavoare, se pot monta numai întreruptoare şi prize speciale pentru racordat maşina electrică de bărbierit. Nu se montează prize electrice obişnuite;

— în grupurile sanitare cu duş, baie etc. dacă se montează aparate electrice, acestea vor fi legate atât la nulul de protecţie, cât şi la pământ (v. cap. 8). De asemenea nu se prevăd circuite electrice cu altă destinaţie în doze;

— corpurile de iluminat se alimentează în paralel pe circuite electrice. Pe un astfel de circuit monofazat se pot monta până la 30 de corpuri de iluminat, dar care să nu depăşească puterea de 3 kW. Pe un circuit trifazat se pot monta până la 30 de corpuri de iluminat pe fază, dar care să nu depăşească

---

* Vezi capitolul 13.

Scanned with OKEN Scanner

puterea totală de 8 kW. În locuinţe, pe un circuit se pot monta până la 12 corpuri de iluminat, dar care să nu depăşească puterea de 1 000 W. În spaţiile comune din clădirile de locuit, pe un circuit se pot monta 15 corpuri de iluminat cu puterea până la 1 000 W. În practică, circuitele de lumină nu se încarcă până la puterea maximă. Pe un circuit se prevăd corpurile de iluminat din 2—3 încăperi alăturate. Dacă încăperea este foarte importantă ca destinaţie (cum sunt clasele, laboratoarele din şcoli etc.) corpurile de iluminat din aceasta se prevăd pe un singur circuit. De asemenea, corpurile de iluminat din casa scării sunt alimentate pe un circuit separat (de regulă, acesta face parte din iluminatul de siguranţă), ca şi corpurile de iluminat de pe culoarele principale din clădire (mai ales atunci când pe aceste culoare se află şi tablourile electrice);

— prizele electrice se alimentează pe circuite separate de cele pentru corpurile de iluminat. Pe un circuit de priză se pot monta până la 15 prize simple sau duble în clădirile social-administrative şi opt în locuinţe. Puterea de calcul pentru un astfel de circuit este de 1 000—800 W. Dacă se cunoaşte puterea receptorului racordat la priză (cum este cazul în industrie sau în laboratoarele din învăţământ), aceasta se ia în calcul. În locuinţe, puterea maximă la care se poate utiliza circuitul de priză, fără a-l deteriora, este de 2 000 W. Pentru receptoarele cu putere mai mare (cum sunt sobele, plitele şi boilerele electrice) trebuie prevăzute circuite separate (mono- sau trifazate);

— într-un tub de protecţie se introduc numai conductele ce aparţin unui singur circuit.

c. Etapele întocmirii schemelor şi planurilor instalaţiilor de iluminat şi prize

Cunoscând prevederile de mai sus pentru întocmirea schemelor şi planurilor instalaţiei de iluminat şi prize, se procedează astfel:

• **Pe planul de arhitectură al construcţiei** (fig. 6.17) se amplasează: corpurile de iluminat (cele fluorescente la scara planului), întreruptoarele de acţionare ale acestora şi prizele (indicându-se dacă sunt cu sau fără contact de protecţie, simple sau duble).

În figura 6.17 se dă ca exemplu planul de parter al unui mic institut de proiectare. Se va considera că acesta este format din subsol, parter şi două etaje. Fiecare încăpere de la parter a fost numerotată şi i s-a indicat destinaţia. Numărul de corpuri de iluminat, tipul corpului, sursa (sursele) cu care se echipează, înălţimea de montare, întreruptorul şi circuitul electric la care se racordează sunt indicate pentru fiecare încăpere în parte astfel:

numărul de corpuri de iluminat (v. fig. 6.17)	tipul corpului de iluminat	puterea lămpii (sau numărul de lămpi, puterea şi culoarea la fluorescent)	numărul întreruptorului care le acţionează
	numărul circuitului electric	înălţimea de montaj de la pardoseală	

• Se stabilesc grupele de corpuri de iluminat care vor fi alimentate pe acelaşi circuit. Asemănător se procedează cu prizele electrice. Cu aceste date se întocmeşte **schema secundară a tabloului electric de nivel.**

Scanned with OKEN Scanner

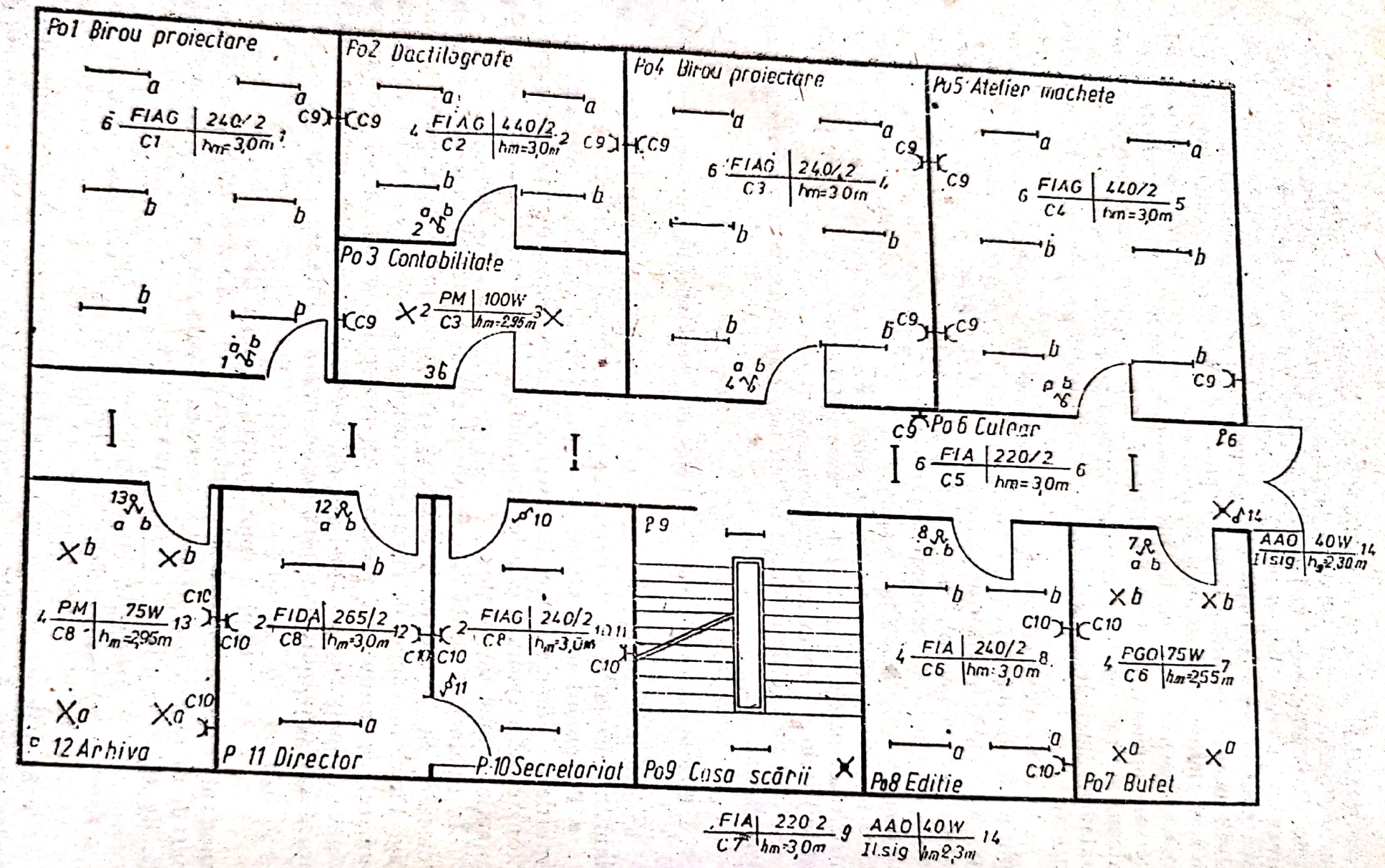
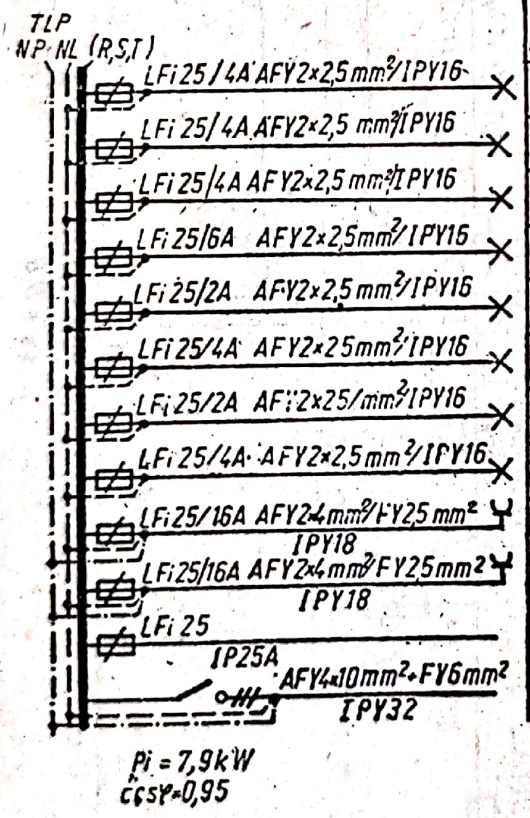


Fig. 6.17. Planul de arhitectură al unei construcții.

În exemplul dat s-a întocmit schema tabloului de lumină parter *TLP* (fig. 6.18). Se poate observa că circuitul *1* (*C1*) asigură alimentarea celor şase corpuri de iluminat *FIAG-240/2* din încăperea $P_0 1$ (birou de proiectare). Puterea circuitului este de 600 W* şi acţionarea se face de la întreruptorul dublu *1*. În mod asemănător, pot fi urmărite şi celelalte circuite. Prizele din încăperile *Po1*... *Po6* se află pe circuitul *9* (*C9*), iar celelalte pe circuitul *10* (*C10*). În tablou s-a prevăzut şi un circuit de rezervă (*C11*) cu puterea de 840 W. Cele *11* circuite au fost distribuite pe cele trei faze (*R*, *S* şi *T*), astfel încât puterea pe fiecare să fie aproximativ aceeaşi şi tabloul *TLP* să poată fi considerat în calcul ca un receptor trifazat echilibrat. Puterea instalată a tabloului este de 7,9 kW. Factorul de putere poate fi considerat cos φ = 0,95, deoarece corpurile de iluminat fluorescente predomină.

Ca iluminat de siguranţă s-a prevăzut numai iluminat pentru evacuarea din clădire. Corpurile de iluminat sunt aplice din aminoplast oblice (*AAO*) cu becuri de 40 W. Sunt amplasate astfel încât să marcheze uşor calea de evacuare din clădire (în casa scării şi la ieşirea din clădire). Toate aceste corpuri sunt pe un singur circuit şi sunt acţionate de la întreruptorul *14*. Întreruptorul este manevrat de personalul de îngrijire la lăsarea întunericului şi corpurile de iluminat vor sta aprinse cât timp există personal în clădire.

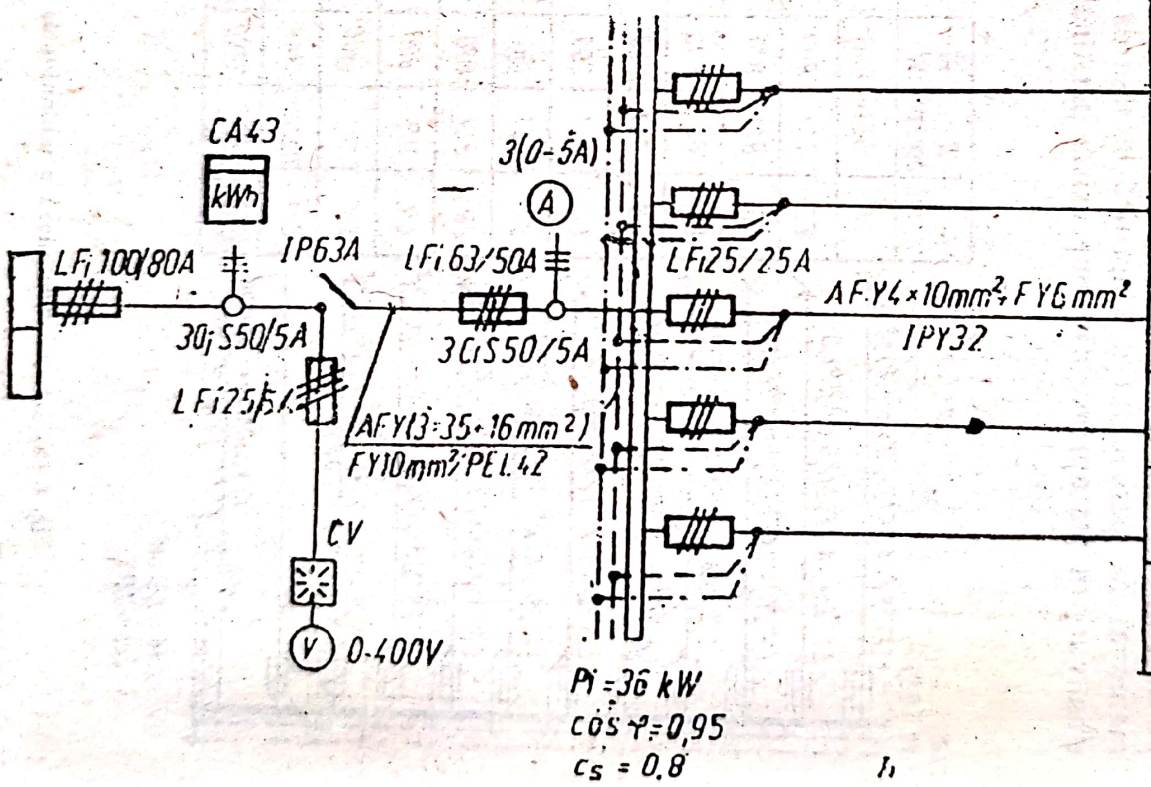


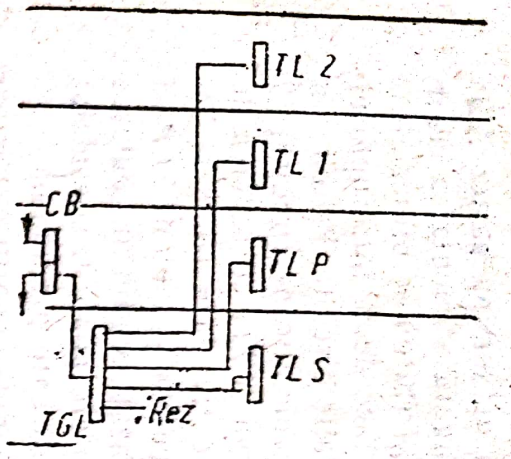
Nr. circuit	Nr. recept.	Pi W	R W	S W	T W	Desitnaţia
C1	6C1	600		600		Po1 Birou proiectare
C2	4C1	800			800	Po2 Dactilografe
C3	8C1	800			800	Po3 Contabilitate P 4 Birou proiectare
C4	6C1	1200		1200		Po5 Atelier machete
C5	6C1	360			360	Po6 Culoar
C6	8C1	700			700	Po7 Bufet Po8 Ediţie
C7	3C1	180	180			Po9 Casa scării
C8	8C1	820		820		Po10 Secretariat Po11 Director Po12 Arhivă
C9	11P	800	800			Po1.....Po6
C10	9P	800	800			Po7, Po8, Po10....Po12
C11	Rezervă	840	840			Rezervă
Coloana de alimentare		7900	2620	2620	2660	

Fig. 6.18. **Schema secundară a tabloului de lumină (parter)** *TIP*.

* În calculul puterii, în cazul lămpilor fluorescente, la puterea nominală a acestora se adaugă şi puterea balastului care este de 10 W pentru lămpile de 20 şi 40 W pentru lampa de 65 W.

Scanned with OKEN Scanner





a

Nr. coloa-nă	Nr tablou	Pi W	R W	S W	T W
C1	TL2	9600	3200	3200	3200
C2	TL1	9000	3000	3060	3000
C3	TLP	7900	2620	2620	2660
C4	TLS	6.500	2200	2000	2100
C5	Rez	3000	1000	1000	1000
TOTAL		36000	12020	12020	11960

Fig. 6.19. Schema generală de distribuție:
a — schema de principiu; *b* — schema tabloului general de lumină.

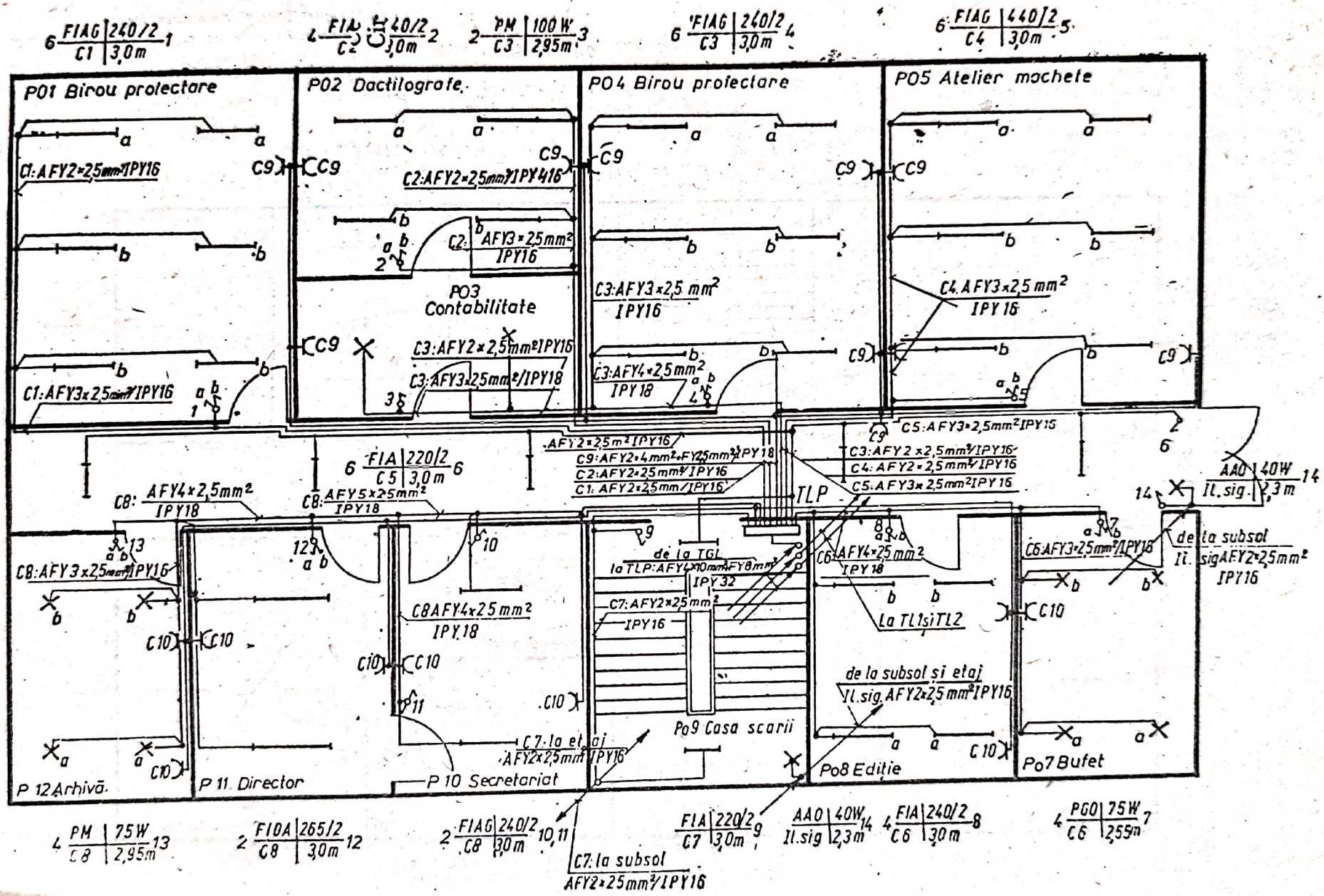


Fig. 6.20. Planul parterului pentru instalația de iluminat normal și de siguranță și prize, cu circuitele executate aparent.

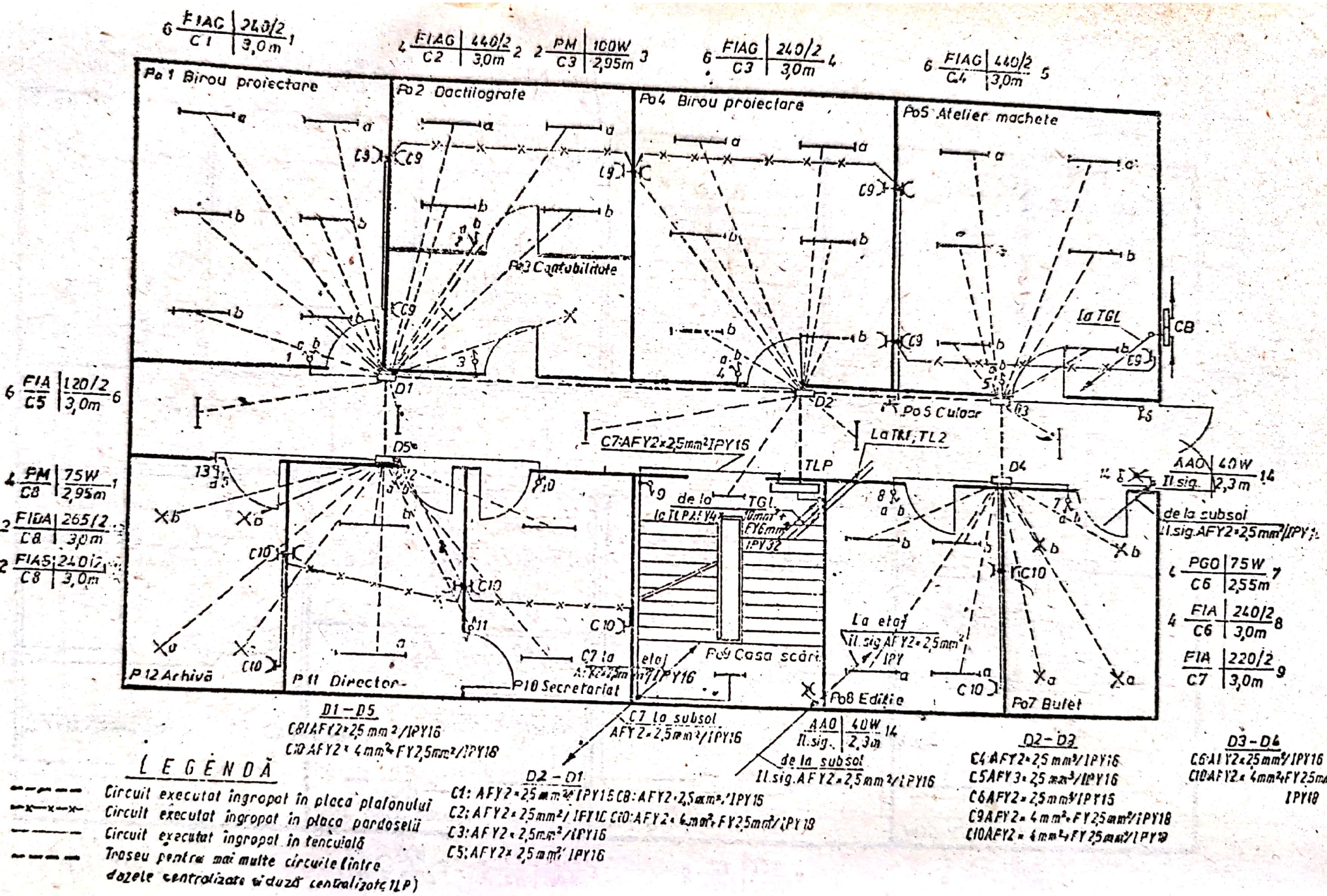


Fig. 6. 21. Planul parterului pentru instalația de iluminat normal și de siguranță și prize, cu circuitele executate îngropat în elementele de construcții.

În mod asemănător se întocmesc schemele secundare şi pentru celelalte tablouri de lumină din clădire. În exemplul ales acestea sunt tablourile de lumină de la subsol (*TLS*), etajul 1 (*TL1*) şi etajul 2 (*TL2*).

• După întocmirea schemelor secundare de distribuţie se stabileşte **schema generală de distribuţie pentru iluminat şi prize.** Pentru exemplificare, în figura 6.19 este arătată o astfel de schemă pentru construcţia aleasă. În figura 6.19, *a* este indicată schema generală de principiu din care rezultă poziţia în clădire a tablourilor secundare, a tabloului general (*TGL*) şi a cofretului la branşament (*CB*) pe verticala clădirii şi modul cum se face alimentarea acestora; de la cofret la *TGL* printr-o coloană generală şi de la *TGL* la tablourile secundare prin coloane individuale. Schema aleasă este o schemă de distribuţie radială simplă. În figura 6.19, *b* se arată schema *TGL* din care rezultă: destinaţia coloanelor, puterea instalată pe fiecare coloană şi modul cum aceasta este repartizată pe cele trei faze, puterea instalată pe coloana generală şi repartizarea ei pe faze, cât şi aparatele ce se prevăd pe *TGL* şi în cofretul de branşament.

• Se trece apoi la **transpunerea în planuri a schemelor elaborate.** Pe aceleaşi planuri pe care s-au amplasat corpurile de iluminat, întreruptoarele şi prizele, se amplasează tablourile electrice, se trasează circuitele şi coloanele electrice. Circuitele electrice se pot duce:

— *aparent* pe elementele de construcţie (fig. 6.20). Traseele acestora urmăresc elementele de construcţie (pereţi, tavan, grinzi, stâlpi) iar dozele se prevăd în locurile în care este necesară tragerea sau ramificarea conductelor electrice;

— *îngropat* în elementele de construcţie (fig. 6.21), în placa plafonului (sau peste aceasta în pardoseala nivelului superior), în pereţi sau în pardoseală.

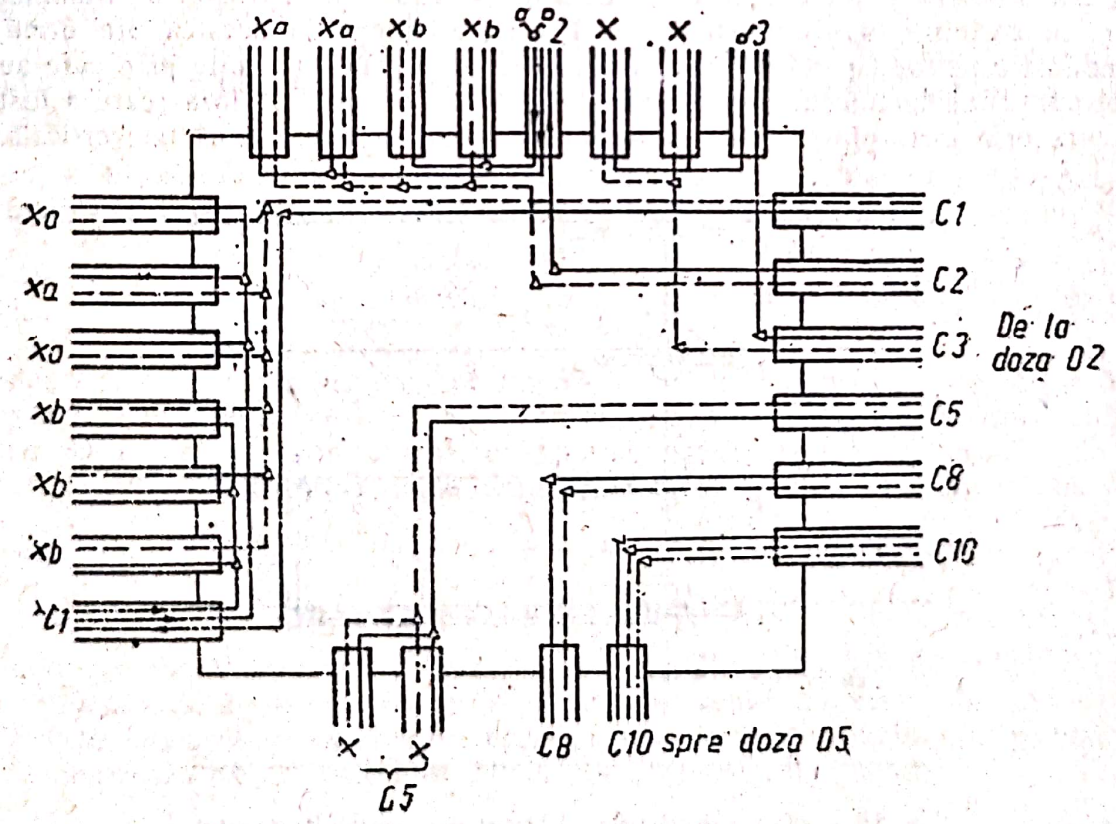


Fig. 6.22. Detaliul dozei *D1*

În acest caz nu se mai prevăd doze pe fiecare circuit în parte, ci *doze comune* pentru mai multe circuite. De aceea, înainte de trasarea propriu-zisă a circuitelor se amplasează aceste doze (notate cu *D1* ... *D5* în figura 6.21). Poziţia lor se alege în aşa fel, încât distanţa dintre ele şi de la doză la corpul de iluminat sau priză să fie de 6—9 m. Pe traseul ales, tubul de protecţie trebuie să nu facă mai mult de trei coturi la 90°, pentru a permite tragerea uşoară a conductelor în tuburi. Pentru a înţelege mai uşor rolul acestor doze comune (se mai numesc şi *doze centralizate*), în figura 6.22 se arată modul cum se execută legăturile electrice în interiorul dozei *D1*. Pentru circuitele *C8* şi *C10*, doza *D1* este de trecere de la doza *D2* către doza *D5* (unde se ramifică). Faza circuitului *C1* este legată la întreruptorul dublu *1*, de la care sosesc în doză două conducte: una leagă în paralel trei corpuri de iluminat (cele notate cu *a*) şi a doua pe celelalte trei (cele notate cu *b*). Conducta de nul de lucru se distribuie la toate cele şase corpuri de iluminat. Circuitele *C2* şi *C3* asigură alimentarea a patru şi respectiv a două corpuri de iluminat într-un mod asemănător. Faza circuitului *C5* este adusă de la întreruptorul *6* (prin dozele *D2* şi *D3*) şi legată la cele două corpuri de iluminat de pe culoar. Nulul circuitului *C5* s-a distribuit direct corpurilor de iluminat.

În figura 6.23 s-a desenat schema desfăşurată a circuitului pentru iluminatul de siguranţă de evacuare. Faza şi nulul de la tabloul de siguranţă, care s-a imaginat la subsol. În doza *A* suferă o ramificare: faza străbate prin subsol distanţa până la verticala întreruptorului *14* (care se află la parter), împreună cu nulul de lucru necesar corpului de iluminat notat în schemă cu *1* (aflat la parter pentru marcarea ieşirii din clădire). Aceste două conducte urcă pe verticală până la doza *E* (din parter). De aici, faza este dusă la întreruptorul *14* şi readusă în doză, de unde se ramifică la corpul de iluminat *1* şi la corpurile de iluminat *2* ... *7*. Pentru a ajunge la acestea din urmă, conducta este trasă până în doza *A* prin acelaşi tub de protecţie prin care au fost aduse conductele de fază şi nul în doza *E*. Din doza *A* faza (care a fost trecută prin întreruptorul *14*) împreună cu nulul de lucru urcă pe verticală,

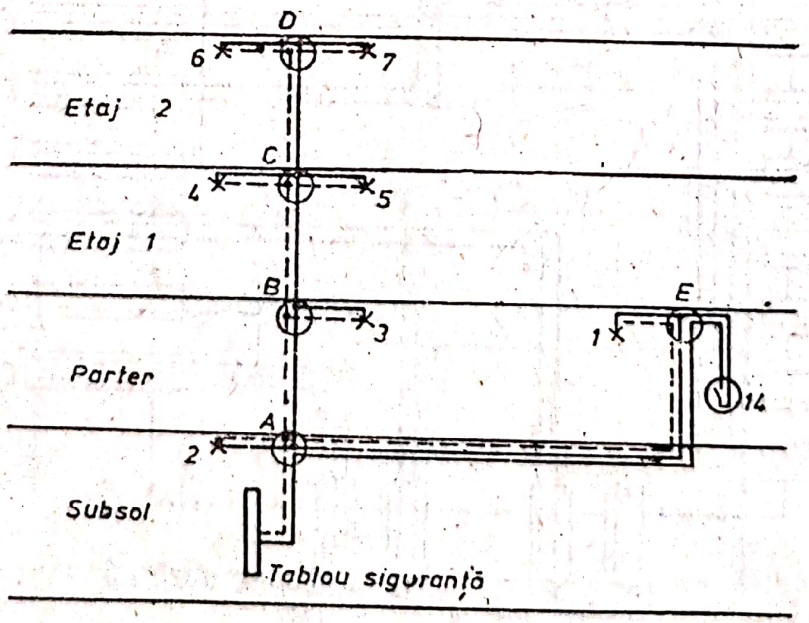


Fig. 6.23. Schema desfăşurată a circuitului pentru iluminatul de siguranţă.

Scanned with OKEN Scanner

trecând prin dozele *B*, *C*, şi *D*. În acestea suferă ramificări la corpurile de iluminat notate cu *3*, *4—5* şi *6—7*; corpurile *3*, *5* şi *7* s-au imaginat în casa scării, iar *4* şi *6* pe culoarele etajelor *1* şi *2*, în faţa uşii care asigură accesul pe scară.

Din doza *A* s-a legat şi corpul de iluminat *2*, imaginat la subsol pentru a marca scara.

În stabilirea traseelor circuitelor electrice se ţine seama ca acestea să nu străbată elementele de rezistenţă ale construcţiei, cum sunt grinzile sau stâlpii. Totodată, ele trebuie să se găsească la anumite distanţe de conductele metalice pentru apă rece, apă caldă, încălzire, gaze etc., ale căror valori minime sunt indicate în *Normativul I-7-90*.

Coloana de alimentare a *TLP* vine de la subsol (unde este prevăzut *TGL*). Coloanele pentru tablourile *TL1* şi *TL2* străbat placa peste subsol şi îşi continuă traseul pe verticală, urmând să se oprească una la etajul *1* şi a doua la etajul *2*.

Cofretul de branşament este prevăzut lângă intrarea principală, pe peretele exterior. Din acesta, coboară spre subsol coloana generală, ce va alimenta *TGL*.

3. DIMENSIONAREA ELEMENTELOR INSTALAŢIEI ELECTRICE DE LUMINĂ ŞI PRIZE

Dimensionarea instalaţiei de lumină şi priză constă în:

— *dimensionarea circuitelor* dintre tablourile electrice secundare şi receptoare;

— *dimensionarea coloanelor secundare* dintre *TGL* şi tablourile secundare;

— *dimensionarea coloanei generale* dintre cofretul de branşament (sau un post de transformare) şi *TGL*.

În toate aceste cazuri se determină secţiunea conductelor electrice, a tuburilor de protecţie şi aparatelor necesare pentru acţionare, protecţie sau măsură.

• **Dimensionarea circuitelor** se face în funcţie de curentul nominal al circuitului. Dacă circuitul este monofazat, acesta se determină cu relaţia:

$$I_n = \frac{P_i}{U_f \cos\varphi}, \tag{6.33}$$

unde P_i este puterea instalată pe circuit, $U_f = 220$ V este tensiunea de fază a reţelei şi $\cos\varphi$ factorul de putere al circuitului. Puterea instalată se determină prin adunarea puterilor tuturor receptoarelor alimentate pe circuit.

Dacă circuitul este trifazat, curentul nominal se determină cu relaţia:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}U \cos\varphi}, \tag{6.34}$$

unde $U = 380$ V este tensiunea de linie a reţelei.

În funcţie de valoarea acestui curent se determină *siguranţa fuzibilă pentru protecţie la suprasarcină şi scurtcircuit*. Trebuie amintit că siguranţa fuzibilă se caracterizează prin curentul fuzibilului I_F. Se pune condiţia ca:

$$I_F \geq I_n \tag{6.35}$$

Scanned with OKEN Scanner

şi se stabileşte valoarea lui I_F. Apoi se alege siguranţa fuzibilă (cu legături în faţă *LF*, cu legături în faţă tip industrial *LFi*, sau cu mare putere de rupere *MPR*).

După dimensionarea siguranţei fuzibile se calculează *secţiunea conductelor electrice*. Pentru aceasta trebuie ştiut că unei conducte sau unui cablu electric îi corespunde un curent (numit *intensitate maximă admisibilă* I_{ma}) pe care îl poate suporta un timp infinit fără ca izolaţia să se încălzească peste o limită admisibilă. Valoarea intensităţii curentului I_{ma} depinde de:

— tipul conductei sau cablului;
— temperatura mediului ambiant;
— secţiunea conductorului;
— numărul de conducte active (parcurse de curent) ce se montează împreună în tubul de protecţie.

Valorile curentului I_{ma} au fost stabilite pe cale experimentală.

Secţiunea conductorului electric trebuie să se aleagă ca cea mai mică dimensiune pentru care se respectă relaţia:

$$I_{ma} \geq \frac{I_F}{0{,}8}. \tag{6.36}$$

După ce a fost stabilită secţiunea conductelor, se alege *dimensiunea tubului de protecţie pentru conducte*. Pentru aceasta, se alege natura tubului de protecţie, în funcţie de condiţiile de montare, iar diametrul său nominal se alege în funcţie de numărul şi secţiunea conductelor ce trebuie montate în el.

• **Dimensionarea coloanelor secundare** se face în funcţie de curentul nominal prin acestea. Relaţiile de calcul sunt (6.33) când coloana este monofazată (cum este cazul coloanelor pentru tablourile din apartament) şi (6.34) când coloana este trifazată, în care P reprezintă puterea instalată pe coloană.

Pentru alegerea siguranţei fuzibile se pune aceeaşi condiţie (6.35) la care se adaugă următoarea regulă: I_F trebuie să fie mai mare cu cel puţin două trepte (din gama de valori I_F) decât valoarea maximă I_F prevăzută pe circuitele tabloului. De exemplu, dacă pe un tablou de lumină siguranţa maximă (pentru circuite) este de 10 A, este necesar ca pe coloana acestui tablou să se prevadă o siguranţă mai mare sau cel puţin egală cu 20 A.

Pentru alegerea secţiunii şi a tubului de protecţie se procedează la fel ca la dimensionarea circuitelor.

Pe coloanele secundare, în mod obişnuit se prevăd şi întreruptoare electrice. Acestea sunt caracterizate prin:

— curentul nominal I_{ni}, curentul pe care îl poate suporta în regim permanent fără ca părţi din întreruptor să se supraîncălzească sau să se distrugă;

— curentul de rupere I_r, curentul pe care îl poate suporta la închidere sau deschidere (atunci când se formează arc electric) fără să se deterioreze.

În general, curentul de rupere este cu mult mai mare decât curentul nominal şi de aceea condiţia care se pune pentru alegerea întreruptoarelor este:

$$I_{ni} \geq I_r \tag{6.37}$$

Scanned with OKEN Scanner

Fac excepţie de la această regulă întreruptoarele manuale tip pârghie, pentru care $I_r < I_{ni}$, iar condiţia de alegere a lor este:

$$I_r \geq I_n. \tag{6.38}$$

• **Dimensionarea coloanei generale** se face în funcţie de curentul nominal al acesteia, care se determină cu relaţia:

$$I_n = \frac{c_s P_i}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi}, \tag{6.39}$$

unde U, $\cos \varphi$ şi P_i au semnificaţiile cunoscute, iar c_s este *coeficientul de simultaneitate în funcţionare* a receptoarelor de lumină şi prizelor din clădire. Acesta se ia pentru:

— clădiri industriale: 0,8;
— clădiri administrative şi de învăţământ: 0,8;
— spitale (mai puţin grupul operator): 0,65;
— creşe: 0,6;
— complexe comerciale: 1,0;
— depozite: 0,5;
— blocuri de locuit cu 2—4 apartamente: 1,0;
5—9 apartamente: 0,78;
10—14 apartamente: 0,63;
15—19 apartamente: 0,53;
peste 20 apartamente: 0,49.

În continuare, siguranţa fuzibilă, secţiunea conductoarelor, tubul de protecţie şi întreruptorul se determină la fel ca pentru coloanele secundare.

Dacă *TGL* este un tablou mare (din punctul de vedere al puterii instalate, numărului de coloane ce pleacă din tablou şi al importanţei construcţiei), pe acesta se pot prevedea următoarele aparate de măsurat:

— voltmetru cu cheie voltmetrică, pentru a se putea măsura tensiunea pe fiecare fază şi între faze. Acesta se protejează la scurtcircuit cu siguranţe cu $I_F = 6$ A;

— ampermetre de 0—5 A, montate pe fiecare fază prin intermediul câte unui reductor de curent. Reductoarele se execută în următoarea gamă de curenţi primari (tipul *CIS*): 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 400; 600; 750; 1 000; 1 500; 2 000; 3 000 A. În secundar curentul maxim este de 5 A în toate cazurile;

— contor de energie activă (monofazat *CAM-6*; trifazat *CA-32*, sau *CA-43*) care se leagă tot prin intermediul reductoarelor de curent, ca şi ampermetrele.

După dimensionarea întregii instalaţii electrice de lumină, aceasta se verifică la pierderea de tensiune. Normativele în vigoare limitează această pierdere astfel:

— de la cofretul de branşament până la cel mai îndepărtat corp de iluminat din clădire: $\Delta U\% \leq 3\%$;

— de la postul de transformare până la cel mai îndepărtat corp de iluminat din clădire: $\Delta U\% \leq 8\%$.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplu de calcul pentru dimensionarea elementelor instalaţiei electrice de lumină şi prize

- **Calculul circuitelor.**

Se alege pentru calcul circuitul C4 (din fig. 6.18) cu $P_i = 1\,200$ W. Aplicând relaţia (6.33) rezultă:

$$I_n = \frac{1\,200}{202 \cdot 0{,}59} = 5{,}7 \text{ A.}$$

Respectând condiţia (6.35), rezultă curentul fuzibilului $I_F = 6$ A şi se alege o siguranţă fuzibilă tip *LFi 25/6* A.

Aplicând relaţia (6.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0{,}8} = \frac{6}{0{,}8} = 7{,}5 \text{ A.}$$

Se aleg conducte din aluminiu, izolate cu *PVC* (*AFY*). DIn normativul I-7-90 rezultă o secţiune a conductoarelor de 2,5 mm^2, deoarece $I_{ma} = 18$ A > 7,5 A (s-a utilizat coloana corespunzătoare lui *AFY* şi numărului 2 de conducte în tubul de protecţie). Deoarece instalaţia se montează îngropat, se alege un tub de protecţie de tip *IPY*. Din normativ rezultă pentru s = 2,5 mm^2 şi 2 conducte, un tub *IPY* 16.

Deoarece celelalte circuite au puterea instalată mai mică decât a acestuia, pentru toate se vor alege conducte: *AFY*/2 × 2,5 mm^2 în tub *IPY* 16 şi siguranţe care să respecte condiţia (6.35).

Observaţie. Deoarece în prize este posibil să se introducă receptoare de putere mare (peste puterea de 800 W, care este o putere medie de calcul), pentru acestea se adoptă constructiv conducte *AFY* 2 × 4 mm^2 + *FY* 2,5 mm^2/*IPY* 18 şi siguranţe fuzibile *LFi*25/16 A.

- **Calculul coloanei TLP**

Folosind relaţia (6.34) rezultă:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}\,U \cos\varphi} = \frac{7\,900}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = 12{,}6 \text{ A.}$$

Respectând condiţia (6.35), ar rezulta un fuzibil $I_F = 16$ A, valoare ce este egală cu cea a fuzibilului de pe circuitul de priză. De aceea se alege $I_F = 25$ A (cu două trepte peste valoarea de 16 A).

Siguranţa fuzibilă a coloanei va fi *LFi 25/25* A.

Aplicând relaţia (6.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0{,}8} = \frac{25}{0{,}8} = 31{,}25 \text{ A.}$$

Se alege pentru coloana *TLP* tot o conductă *AFY*. Din normativ rezultă secţiunea de 10 mm^2, pentru care $I_{ma} = 33$ A este mai mare decât 31,25 A (s-a utilizat coloana pentru patru conducte). Rezultă secţiunea coloanei *AFY* 4 × 10 mm^2 + *FY* 6 mm^2.

Tubul de protecţie va fi *IPY* 32.

Pentru întreruptorul prevăzut pe coloană (tip pârghie), se alege valoarea $I_n = 25$ A, deci *IP 25 A* (care respectă condiţia 6.38 deoarece $I_r = 16$ A > 12,6 A).

- **Calculul coloanei TGL**

Aplicând relaţia (6.39), rezultă:

$$I_n = \frac{c_s P_i}{\sqrt{3}\,U \cos\varphi} = \frac{0{,}8 \cdot 36\,000}{\sqrt{3} \cdot 300 \cdot 0{,}95} = 46{,}1 \text{ A.}$$

---

* În calcul se va consulta şi folosi *Normativul pentru proiectarea si executarea instalaţiilor electrice* sub 1 000 V (normativul *I-7-90*).

Scanned with OKEN Scanner

Deci $I_F = 50$ A, iar ca siguranţe: *LFIi* 63/50 A (pe cofretul de branşament se vor prevedea siguranţele cu două trepte mai mari: *LFi* 100/80 A).

Înlocuind în relaţia (6.36) rezultă:

$$\frac{I_F}{0{,}8} = \frac{50}{0{,}8} = 62{,}5 \text{ A}.$$

ceea ce conduce la alegerea de conducte *AFY* (3×35 mm^2 + 16 mm^2) + *FY* 10 m^2 în tub *PEL* 42 (dimensiunea maximă a tubului *IPY* 39 fiind insuficientă).

Întreruptorul se alege tip pârghie *IP 63 A* (pentru care $I_r = 48$ A > 46,1 A).

Pe coloană se mai prevăd ampermetre de (0—5 A), legate prin reductoare de curent *CIS* de 50/5 A (50 > 46,1 A) şi un contor de energie activă *CA-43*, legat tot prin trei reductoare *CIS* 50/5 A. Voltmetrul de 0—400 V este legat prin cheia voltmetrică *CV* şi este protejat la scurtcircuit de siguranţele *LFi* 25/6 A.

B. INSTALAŢII DE FORŢĂ

Se vor face referiri numai la instalaţiile electrice pentru alimentarea motoarelor electrice asincrone care sunt cele mai reprezentative dintre instalaţiile de forţă.

1. ÎNTOCMIREA SCHEMELOR ŞI PLANURILOR INSTALAŢIEI DE FORŢĂ

Poziţia în plan a motoarelor electrice este hotărâtă de poziţia maşinii sau utilajului pe care-l antrenează. Acestea se amplasează la o distanţă suficientă între ele, sau între ele şi perete, pentru a permite manevrarea uşoară la montare sau la demontare, pentru a înlesni accesul uşor în timpul verificărilor şi întreţinerii.

Fiecare motor trebuie să fie alimentat pe un circuit electric propriu şi să fie prevăzut cu:

— relee termice pentru protecţie la suprasarcină;

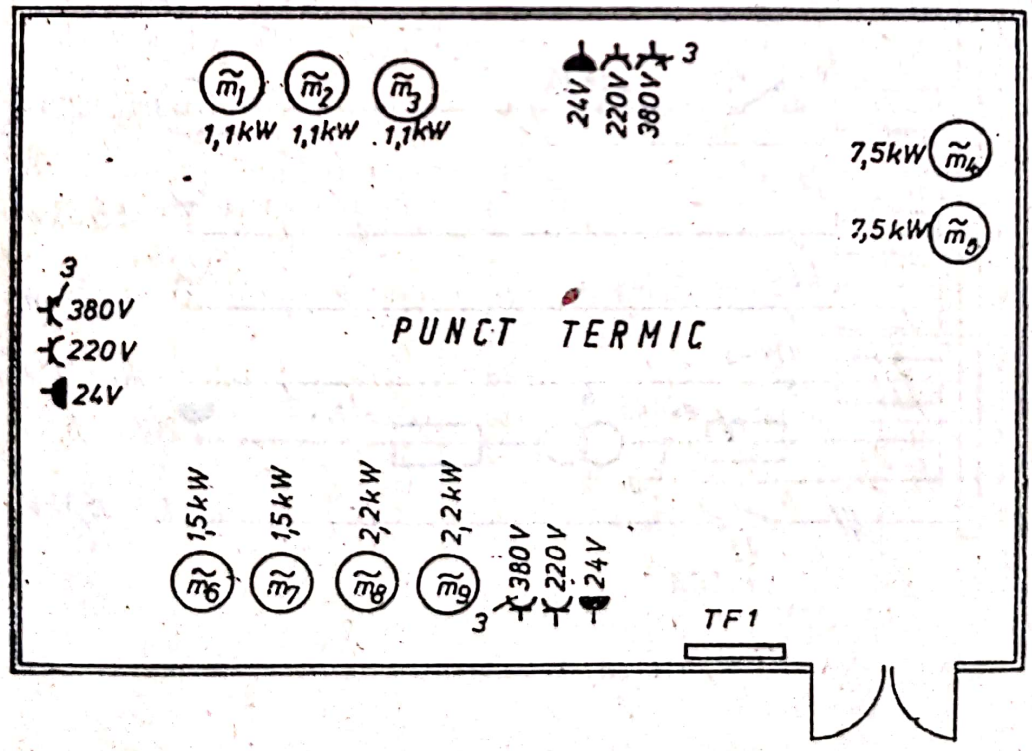


Fig. 6.24. **Poziţia receptoarelor de forţă dintr-o încăpere.**

Scanned with OKEN Scanner

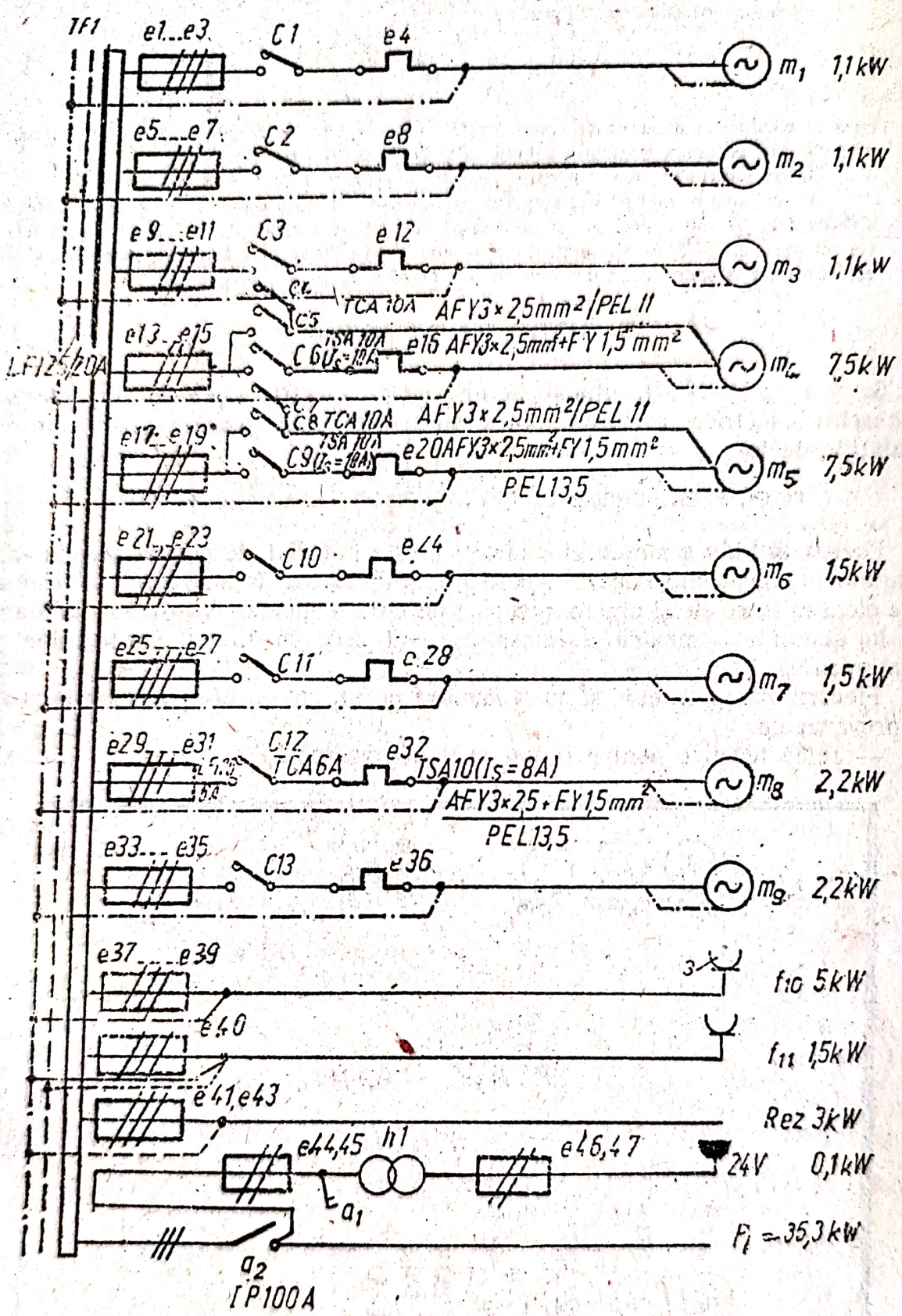


Fig. 6.25. Schema de distribuție pentru *TF1*.

Scanned with OKEN Scanner

— siguranţe fuzibile pentru protecţie la scurtcircuit;
— un aparat de acţionare (manual sau automat).

Pentru a limita curenţii mari ce sunt absorbiţi din reţea la pornire (care provoacă căderi de tensiune pe linia de alimentare), motoarele cu puterea mai mare de 5,5 kW trebuie pornite în stea. În felul acesta, curentul de pornire se micşorează de trei ori faţă de pornirea prin legare directă la reţea (legarea în triunghi). În cadrul instalaţiilor de forţă sunt cuprinse şi instalaţiile pentru prizele electrice de forţă, mono- şi trifazate, de curent continuu sau de tensiune redusă. Pentru o identificare uşoară, atunci când astfel de prize se găsesc împreună, ele se execută de forme diferite sau de culori diferite şi sunt prevăzute cu plăcuţe pe care este înscrisă tensiunea de utilizare.

Pentru întocmirea schemelor şi planurilor instalaţiei de forţă se procedează la fel ca în cazul instalaţiilor de lumină, adică:

● **Se stabileşte poziţia fiecărui receptor de forţă** (motor sau priză) **în planul de arhitectură.** În figura 6.24 este exemplificat acest lucru pentru un punct termic. Caracteristicile motoarelor sunt determinate de condiţiile tehnologice, iar caracteristicile prizelor se stabilesc astfel ca la acestea să poată fi racordate unele receptoare portabile necesare reparaţiilor, întreţinerii, cum ar fi: aparate de sudare, maşini de găurit, polizoare, lămpi portabile la tensiune redusă (24 V) etc.

● **Se întocmeşte schema de distribuţie a fiecărui tablou de forţă din clădire.** Tabloul de forţă se prevede pentru alimentarea unui grup de receptoare care se află într-o unitate funcţională, cum ar fi, de exemplu, receptoarele dintr-un punct termic (fig. 6.25), dintr-o staţie de hidrofor, dintr-o centrală termică, dintr-un laborator de încercări, dintr-un atelier mecanic etc. Numărul de receptoare ce pot fi alimentate dintr-un tablou de forţă este variabil. El este limitat de regulă de dimensiunile pe care le poate avea tabloul electric. De aceea tablourile de forţă pot avea puterea instalată de valori de la câţiva kW până la zeci şi chiar sute de kW.

În figura 6.25 s-a desenat schema de distribuţie a tabloului de forţă *TF1* din figura 6.24. Aceasta cuprinde nouă circuite pentru motoare (şapte cu pornire directă şi două cu pornire stea- triunghi*, un circuit de prize trifazice cu puterea de 5 kW, un circuit de prize monofazice cu puterea de 1,5 kW, un circuit trifazat de rezervă cu puterea de 3 kW şi un circuit de tensiune redusă (24 V), legat în faţa întreruptorului general (pentru a fi utilizat şi în cazul în care este deschis întreruptorul), de putere foarte mică (100 VA) pentru lămpi portabile.

Caracteristicile electrice ale motoarelor sunt date în tabelul 6.2.

TABELUL 6.2

Caracteristicile electrice ale motoarelor din *TF1*

Puterea instalată P_i [kW]	Turaţia [rot/min]	Randamentul η	Factorul de putere cos φ	Raportul $\frac{I_n}{I_p^*}$
1,1	1 500	0,73	0,78	6
1,5	1 500	0,76	0,79	6
2,2	1 000	0,77	0,74	5,5
7,5	1 500	0,855	0,84	6,5

* I_p este curentul de pornire al motorului, dacă acesta este conectat direct la reţeaua electrică.

* Se vor revedea noţiunile învăţate în capitolele 2 şi 3.

Scanned with OKEN Scanner

Tabloul electric *TF1* are o putere instalată de 35,3 kW.

● **Se întocmeşte schema generală de distribuţie a instalaţiei de forţă.** Aceasta se întocmeşte după aceleaşi principii ca şi schema generală a instalaţiei de lumină, motiv pentru care s-a considerat că nu este necesară o exemplificare a acesteia.

● Se trece apoi la **transpunerea în planuri a schemelor elaborate.** Circuitele de forţă sunt mult mai simplu de trasat decât cele de lumină, deoarece pe un circuit se află un singur motor, iar circuitele de prize nu diferă de cele de priză din instalaţia de lumină. Circuitele se pot executa:

— *aparent*, pe elementele de construcţie. Aceasta este soluţia cel mai des adoptată, montarea circuitelor făcându-se pe pereţii încăperii. Deoarece tuburile de protecţie sunt mult mai expuse la lovituri mecanice, în astfel de încăperi acestea se execută de regulă din metal (*PEL* sau ţeavă);

— *îngropat* în elementele de construcţie. Soluţia *îngropat* se alege foarte des când motoarele se află departe de pereţii încăperii, sau când distanţele de la tablou la acestea de-a lungul pereţilor este de asemenea mare. În astfel de situaţii, circuitele electrice se montează îngropat în pardoseala încăperii, fie direct în pardoseală (la cel puţin 1,5 cm de suprafaţa acesteia), fie în canale special făcute şi acoperite cu tablă striată. Canalele pentru circuitele de forţă trebuie să fie prevăzute cu sisteme de scurgere şi evacuare a apei (cu pantă către sifoane de pardoseală, special montate pe traseul lor).

În figura 6.26 este desenat planul instalaţiei de forţă din punctul termic din figura 6.24. O parte din circuite este dusă *aparent* pe pereţii încăperii, iar o altă parte este dusă *îngropat* în pardoseală. Pentru motoarele $m_1 \dots m_3$, tuburile de protecţie ies din pardoseală chiar lângă fundaţia (postamentul) acestora. Pentru restul motoarelor, tuburile de protecţie trec de pe perete pe pardoseală şi apoi se ridică pe fundaţia motoarelor. Pe porţiunea de la perete

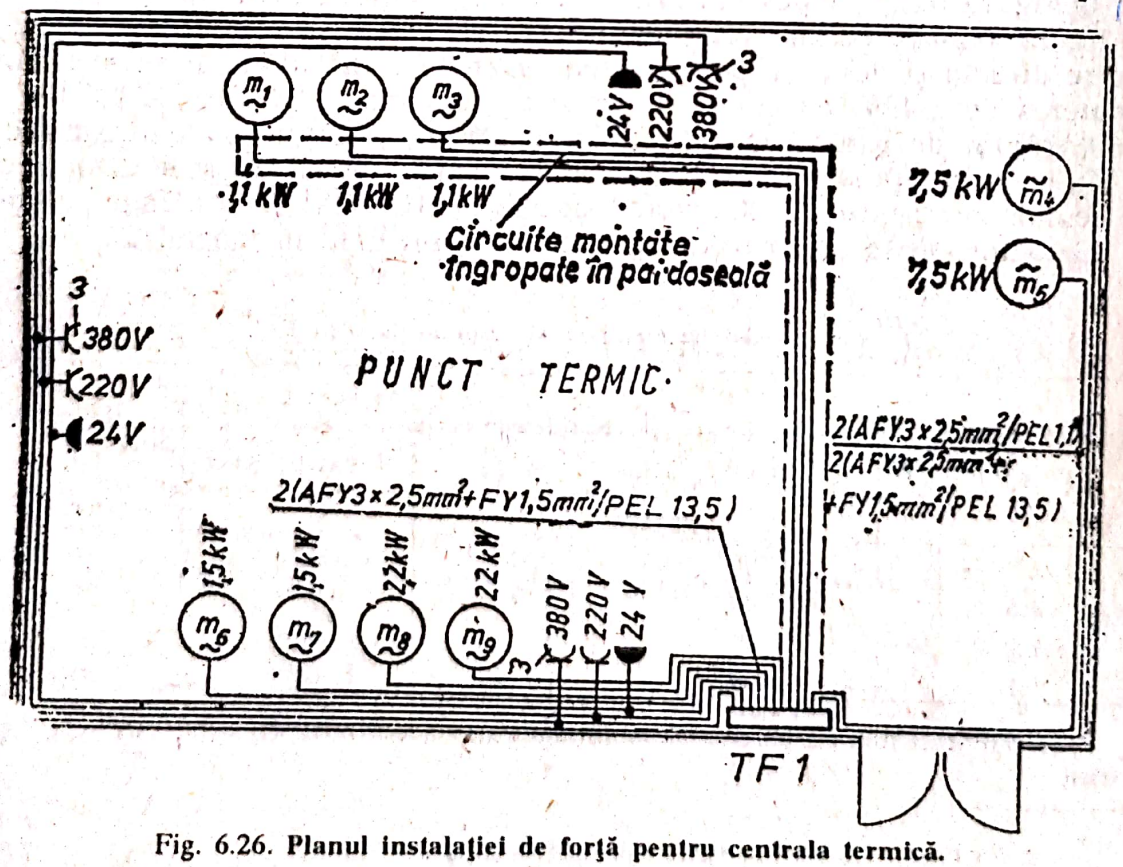


Fig. 6.26. **Planul instalaţiei de forţă pentru centrala termică.**

Scanned with OKEN Scanner

la fundaţie aceste tuburi sunt protejate cu ţevi din oţel. În cazul în care pe lângă perete se circulă în mod frecvent, tuburile de protecţie se îngroapă în pardoseală.

Ca şi în cazul circuitelor pentru instalaţia de iluminat, circuitele de forţă nu trebuie să străbată elementele de rezistenţă ale construcţiei şi trebuie să se găsească la distanţe corespunzătoare de celelalte conducte metalice pentru apă rece, caldă, pentru încălzire, gaze etc.

Coloanele de legătură, atât cele secundare (dintre tabloul general de forţă *TGF* şi tablourile secundare *TF*) cât şi cea generală (dintre *CB* — sau *PT* — şi *TGF*), se vor duce pe drumul cel mai scurt dintre punctele pe care le unesc, în condiţiile respectării distanţelor minime admise între elementele instalaţiei electrice şi elementele altor instalaţii sau elemente de construcţie (*Normativ I-7-90*).

2. DIMENSIONAREA ELEMENTELOR INSTALAŢIEI ELECTRICE DE FORŢĂ

Calculul prezintă câteva particularităţi faţă de cel pentru iluminat, atât datorită naturii receptoarelor, cât şi numărului mare de aparate de acţionare şi protecţie ce se prevăd.

- **Calculul circuitelor** cuprinde:

— determinarea secţiunii conductelor de fază şi a tubului de protecţie;
— alegerea contactorului pentru acţionare;
— alegerea releului termic pentru protecţie la suprasarcină;
— alegerea siguranţelor fuzibile pentru protecţie la scurtcircuit.

- **Calculul circuitului pentru pornirea directă a motorului.**

Determinarea secţiunii conductelor de fază şi a tubului de protecţie. Se calculează curentul nominal al motorului cu relaţia:

$$I_n = \frac{P_i}{\sqrt{3}\, U \eta \cos\varphi}, \tag{6.40}$$

unde $U = 380$ V este tensiunea de linie, P_i este puterea instalată a motorului (în W), $\cos\varphi$ este factorul de putere al motorului iar η randamentul electric al acestuia. Caracteristicile η şi $\cos\varphi$ se aleg în funcţie de puterea P_i şi de turaţia motorului din STAS 1764-74.

Secţiunea de fază se determină din condiţia:

$$I_{ma} \geq I_n, \tag{6.41}$$

unde I_{ma} este curentul maxim admisibil al secţiunii alese.

Secţiunea aleasă se verifică la densitatea de curent la pornire (J_p), care trebuie să fie:

$$J_p \leq 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \text{ pentru aluminiu;} \tag{6.42}$$

$$J_p \leq 35 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \text{ pentru cupru.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Densitatea de curent la pornire se calculează cu relaţia:

$$J_p = \frac{I_p}{s} = \frac{K_1 I_n}{s}, \tag{6.43}$$

unde raportul $K_1 = I_p/I_n$ este dat în STAS 1764-74.

Dacă condiţia (6.42) nu este îndeplinită, se măreşte secţiunea până ce aceasta este satisfăcută.

Alegerea contactorului pentru acţionarea circuitului se face respectând condiţia

$$I_{nc} \geq I_n, \tag{6.44}$$

unde I_{nc} este curentul nominal al contactorului.

Alegerea releului termic pentru protecţie la suprasarcină. Releele termice trifazate utilizate în mod curent sunt relee tip *TSA*. Acestea sunt catacterizate prin curentul nominal al echipamentului $(I_n)_{RT}$ şi curentul de serviciu (I_s). Releul termic se echipează cu un grup de trei bimetale, care corespund unui anumit curent de serviciu. Prin construcţie, releul termic permite un reglaj al curentului între $(0{,}6—1{,}0)\, I_s$.

Alegerea releului termic constă în alegerea curentului de serviciu, astfel ca:

$$0{,}6\, I_s \leq I_n \leq I_s \tag{6.45}$$

deoarece releul se reglează ulterior la valoarea curentului nominal ce trebuie supravegheat şi evident, acesta trebuie să se afle în domeniul de reglaj. Releul ales se exprimă prin denumirea lui şi mărimea curentului de serviciu, de exemplu: *TSA* 10 A ($I_s = 3{,}3$ A); *TSA* 32 P ($I_s = 10$ A) etc.

Alegerea siguranţelor fuzibile pentru protecţie la scurtcircuit. Valoarea fuzibilului (I_F) rezultă din condiţiile:

$$\begin{aligned} I_F &\geq I_n, \\ I_F &\geq \frac{I_p}{2{,}5}, \\ I_F &\leq (I_F)_C, \\ I_F &\leq (I_F)_{RT}, \\ I_F &\geq 3 I_{ma}, \end{aligned} \tag{6.46}$$

unde I_n, I_{ma} şi I_p au semnificaţiile cunoscute, iar $(I_F)_C$ şi $(I_F)_{RT}$ sunt valorile maxime ale fuzibilului care protejează contactorul şi releul termic de curentul de scurtcircuit (în sensul că siguranţa fuzibilă se topeşte mai repede decât îi este necesar curentului de scurtcircuit să distrugă aparatele). Valorile $(I_F)_C$ şi $(I_F)_{RT}$ sunt date în *Cataloagele de aparate* (ale întreprinderii constructoare) în funcţie de curentul nominal al contactorului şi respectiv curentul de serviciu al releului termic.

Exemplu de calcul pentru circuitul motorului de 2,2 kW*

Folosind datele din tabelul 6.2 şi relaţia (6.40) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{2\,200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}77} = 5{,}9 \text{ A}.$$

* Se vor consulta şi folosi *Normativul I-7-90* şi *Cataloagele de aparate*.

Scanned with OKEN Scanner

Alegând conducte *AFY* şi ştiind că circuitul are trei conducte active, din normativ rezultă o secţiune $s = 2{,}5$ mm^2, deoarece $I_{ma} = 16\ A > 5{,}9\ A$.

Densitatea de curent la pornire este:

$$J_p = \frac{K_1 I_n}{s} = \frac{5{,}5 \cdot 5{,}9}{2{,}5} = 13 \frac{A}{mm^2} < 20 \frac{A}{mm^2},$$

deci circuitul de alimentare va fi *AFY* $3 \times 2{,}5$ mm^2 + *FY* 1,5 mm^2 protejat în tub *PEL* 13,5.

Se alege un contactor *TCA* 6A (deoarece 6A > 5,9 A) pentru care rezultă $(I_F)_C$ = 20A.

Se alege un releu *TSA* 10 A ($I_S = 8$ A) deoarece curentul nominal de 5,9 A este cuprins în domeniul în care se poate regla curentul releului termic: $0{,}6 \cdot 8 = 4{,}8$ A până la $1 \cdot 8$ A pentru care rezultă $(I_F)_{RT} = 25$ A.

Pentru siguranţa fuzibilă se pun condiţiile (6.46):

$$I_F \geq I_n = 5{,}9\ A \rightarrow I_F \geq 6\ A;$$

$$I_F \geq \frac{I_p}{2{,}5} = \frac{5{,}5 \cdot 5{,}9}{2{,}5} = 13\ A \rightarrow I_p \geq 16\ A;$$

$$I_F \leq (I_F)_C = 20\ A \rightarrow I_F \leq 20\ A;$$

$$I_F \leq (I_F)_{RT} = 25\ A \rightarrow I_F \leq 25\ A;$$

$$I_F \leq 3\ I_{ma} = 3 \cdot 16 = 48\ A \rightarrow I_F \leq 35\ A.$$

Din sistemul de inegalitate de mai sus rezultă $I_F = 16$ A, deci se aleg trei siguranţe fuzibile *LFi* 25/16 A.

Calculul circuitului pentru pornirea Y/Δ a motorului. În figura 6.27 este desenat desfăşurat circuitul principal al motorului de 7,5 kW care porneşte cu comutatorul Y/Δ. Rezultă că pe porţiunea dintre barele tabloului şi pornitor curentul este I_n (calculat cu relaţia 6.40), iar între pornitor şi motor curentul este $I_n/\sqrt{3}$.

Curentul I_n conduce la determinarea unei secţiuni s_1, iar curentul $I_n/\sqrt{3}$ la o secţiune s_2 mai mică decât s_1, prin respectarea condiţiei (6.41).

La densitatea de curent se va verifica numai secţiunea mică s_2 şi relaţia (6.43) pentru cazul pornirii Y/Δ devine:

$$J_p = \frac{i_{pY}}{s_2} = \frac{I_p}{3 \cdot s_2} = \frac{K_1 \cdot I_n}{3 \cdot s_2}, \qquad (6.47)$$

unde I_{PY} este curentul de pornire în stea, care este de trei ori mai mic decât curentul la pornirea directă (I_p).

Contactoarele se vor alege din condiţia:

$$I_{nc} \geq \frac{I_n}{\sqrt{3}}, \qquad (6.48)$$

iar curentul de serviciu al releului termic din condiţia:

$$0{,}6\ I_s \leq \frac{I_n}{\sqrt{3}} \leq I_s. \qquad (6.49)$$

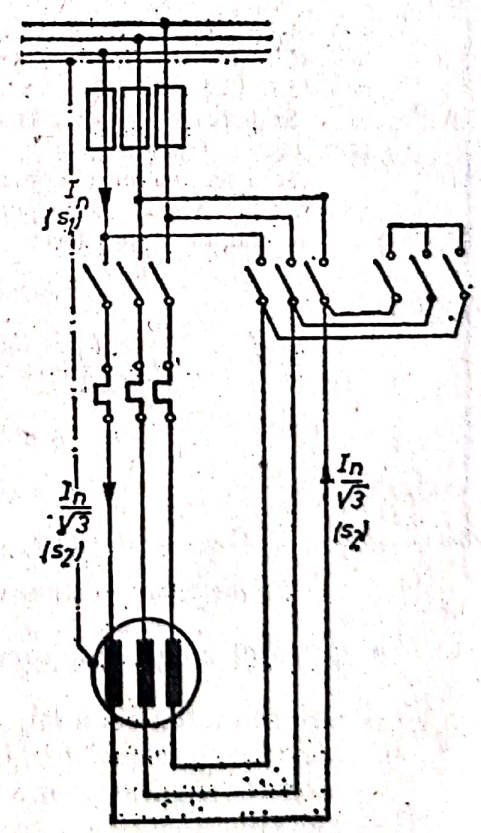


Fig. 6.27. **Circuitul motorului pentru pornire stea-triunghi.**

Scanned with OKEN Scanner

Pentru siguranţa fuzibilă, relaţiile (6.46) devin:

$$I_F \geq I_n$$

$$I_F \geq \frac{I_{pY}}{2} = \frac{I_p}{3 \cdot 2} = \frac{K_1 I_n}{6}, \tag{6.50}$$

$$I_F \leq (I_F)_c,$$

$$I_F \leq (I_F)_{RT},$$

$$I_F \leq 3\ I_{ma2}$$

unde I_{ma2} este curentul maxim admisibil corespunzător secţiunii s_2.

Exemplu de calcul pentru motorul de 7,5 kW*

Folosind datele din tabelul 6.2 şi relaţia (6.40) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{7\,500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}84 \cdot 0{,}855} = 15{,}9 \text{ A}.$$

Pentru conducta din aluminiu *AFY*, din normativ rezultă $s_1 = 2{,}5$ mm^2, deoarece $I_{ma_1} = 16$ A > 15,9 A.

Curentul $I_n/\sqrt{3} = 15{,}9/\sqrt{3} = 9{,}2$ A conduce la aceeaşi secţiune $s_2 = 2{,}5$ mm^2 $I_{ma_2} = I_{ma_1} = 16$ A).

Înlocuind în relaţia (6.47), rezultă densitatea de curent:

$$J_p = \frac{K_1 I_n}{3 \cdot s_2} = \frac{6{,}5 \cdot 15{,}9}{3 \cdot 2{,}5} = 13{,}8 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} < 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2},$$

deci circuitul de alimentare va fi format din: *AFY* 3 × 2,5 mm^2 + *FY* 1,5 mm^3 între barele tabloului şi pornitor (în interiorul tabloului) şi din *AFY* 3 × × 2,5 mm^2 + *FY* 1,5 mm^2/*PEL* 13,5 + *AFY* 3 × 2,5 mm^2/*PEL* 11 între pornitor şi motor.

Se alege un contactor *TCA* 10 A (ce îndeplineşti condiţia 6,44 : 10 A > 9,2 A), pentru care rezultă $(I_F)_c = 35$ A.

Se alege un releu termic *TSA* 10 A ($I_s = 10$ A) (ce îndeplineşte condiţia 6,45 : 0,6 · 10 A < 9,2 A < 1 · 10 A) pentru care rezultă $(I_F)_{RT} = 35$ A.

Condiţiile (6.46) devin:

$$I_F \geq I_n = 15{,}9 \text{ A} \rightarrow I_F \geq 16 \text{ A};$$

$$I_F \geq \frac{I_{pY}}{2} = \frac{K_i I_n}{3 \cdot 2} = \frac{6{,}5 \cdot 15{,}9}{6} = 17{,}2 \rightarrow I_F \geq 20 \text{ A};$$

$$I_F \leq (I_F)_C = 35 \text{ A} \rightarrow I_F \geq 35 \text{ A};$$

$$I_F \leq (I_F)_{RT} = 35 \text{ A} \rightarrow I_F \leq 35 \text{ A};$$

$$I_F \leq 3\ I_{ma2} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ A} \rightarrow I_F \leq 35 \text{ A}.$$

Din inegalităţile de mai sus rezultă $I_F = 20$ A şi se aleg trei siguranţe *LFi* 25/20 A.

- **Calculul coloanelor secundare** cuprinde:

— determinarea secţiunii conductelor de fază şi tubului de protecţie;
— alegerea întrerupătorului;
— alegerea siguranţelor;
— alegerea aparatelor de măsurat.

* Se vor consulta şi folosi *Normativul I-7-90* şi *Cataloagele de aparate*.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea secţiunii conductelor de fază şi tubului de protecţie. Se calculează curentul nominal al coloanei cu relaţia:

$$I_n = \frac{c_c P_i}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi_m}, \tag{6.51}$$

unde U şi P_i au semnificaţiile cunoscute, c_c este coeficientul de cerere al puterii pe coloană şi cos φ_m factorul de putere mediu al tabloului.

Coeficientul de cerere se calculează cu relaţia:

$$c_c = \frac{c_s c_i}{\eta_r \eta_m}. \tag{6.52}$$

unde

c_s este *coeficientul de simultaneitate* şi reprezintă raportul:

$$c_s = \frac{P_{fs}}{P_T} = \frac{\sum_1^n P_i}{\frac{1}{N}\sum_1^N P_i}, \tag{6.53}$$

unde P_{fs} este puterea în funcţiune simultană şi P_T puterea totală instalată, n — numărul de receptoare în funcţiune simultană şi N — numărul total al receptoarelor alimentate de tablou (motoare, prize etc.). Valoarea lui n se apreciază de către tehnologul instalaţiei prin analiza atentă a procesului de producţie. În felul acesta coeficientul c_s se poate determina:

c_i este coeficientul de încărcare al receptoarelor, coeficient ce se poate determina numai dacă se cunoaşte modul concret cum a fost dimensionat fiecare receptor în parte. Cum aceasta este greu de ştiut, pentru calculele practice se adoptă $c = 0{,}95 - 0{,}96$;

η_r — randamentul reţelei, care are valori de 0,98 – 1,0;

η_m — randamentul mediu al motoarelor în funcţiune simultană. Cunoscând cele n motoare în funcţiune, din definiţia randamentului rezultă:

$$\eta_m = \frac{\sum_1^n P_i}{\sum_1^n \eta_i P_i}. \tag{6.54}$$

Factorul de putere mediu cos φ_m se determină adunând fazorial curenţii $I_{n1} \ldots I_{nn}$ (în funcţiune simultană), defazaţi faţă de tensiunea de la borne cu unghiurile $\varphi_1 \ldots \varphi_n$ (unghiuri ce rezultă din valorile factorilor de putere cos $\varphi_1 \ldots$ cos φ_n). În figura 6.28 se arată modul de însumare fazorială pentru doi curenţi I_{n1} şi I_{n2}, defazaţi faţă de tensiune cu unghiurile φ_1 şi φ_2. Utilizând regula paralelogramului se determină curentul rezultat I, care se obţine din rezolvarea triunghiului OCC': $OC = I$, $OC' = I_a$, componenta activă a curentului) şi $OC'' = I_r$ (componenta reactivă).

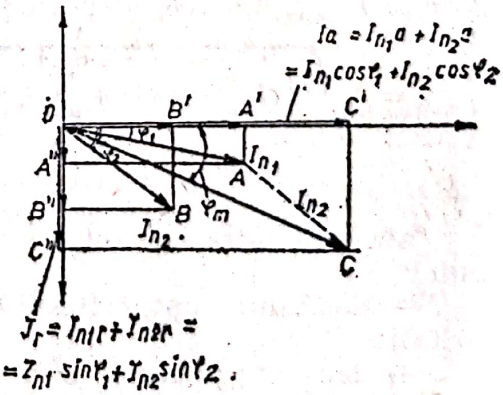


Fig. 6.28. **Adunarea fazorială a doi curenţi.**

Scanned with OKEN Scanner

Dar $OC' = OA' + A'C' = (I_{n1})_a + (I_{n2})_a$ (suma componentelor active ale curenţilor I_{n1} şi I_{n2}). Analog $CC' = OC'' = (I_{n1})_r + (I_{n2})_r$ (suma componentelor reactive).

Cum $(I_{n1})_a = I_{n1} \cos \varphi_1$; $(I_{n1}) = I_{n1} \sin \varphi_1$; $(I_{n2})_a = I_{n2} \cos \varphi 2$; $(I_{n2})_r = I_{n2} \sin \varphi_2$ rezultă:

$$I_a = I_{n1} \cos \varphi_1 + I_{n2} \cos \varphi_2 \text{ şi } I_r = I_{n1} \sin \varphi_1 + I_{n2} \sin \varphi_2$$

iar curentul rezultant este:

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} = \sqrt{(I_{n1} \cos \varphi_1 + I_{n2} \cos \varphi_2)^2 + (I_{n1} \sin \varphi_1 + I_{n1} \sin \varphi_2)^2}$$

Factorul de putere mediu rezultă tot din triunghiul OCC':

$$\cos \varphi_m = \frac{I_n}{I}.$$

Generalizând relaţia de mai sus pentru n curenţi în funcţiune simultană rezultă:

$$\cos \varphi_m = \frac{\sum_1^n I_{ni} \cos \varphi_i}{\sqrt{\left(\sum_1^n I_{ni} \cos \varphi_i\right)^2 + \left(\sum_1^n I_{ni} \sin \varphi_i\right)^2}} \tag{6.55}$$

Utilizând relaţiile (6.53), (6.54) şi (6.55) şi făcând înlocuirile în (6.51) se calculează curentul nominal al coloanei. În funcţie de acest curent se determină secţiunea fazei, respectând condiţia (6.41).

Secţiunea coloanei se verifică la densitatea de curent la pornire, care nu trebuie să depăşească valorile impuse de (6.42). Densitatea de curent se determină cu relaţia:

$$J_p = \frac{I_{c\,max}}{s}, \tag{6.56}$$

unde $I_{c\,max}$ este curentul maxim pe coloană la pornire. Acesta se determină în ipoteza în care $(n-1)$ dintre motoarele în funcţiune simultană sunt în funcţiune în regim nominal şi al n-lea (cel care are cel mai mare curent de pornire $I_{p\,max}$ din cele n) porneşte.

$$I_{c\,max} = \sqrt{\left[(I_p)_{max} \cos \varphi + \sum_1^{n-1} I_{ni} \cos \varphi_i\right]^2 + \left[(I_p)_{max} \sin \varphi + \sum_{i=1}^{n-1} I_{ni} \sin \varphi_i\right]^2} \tag{6.57}$$

Alegerea întreruptorului se face tot în funcţie de curentul nominal I_n, astfel:

— dacă întreruptorul este manual, tip pârghie, se va respecta condiţia (6.38);

— dacă întreruptorul este manual, tip rotativ (*PACO*), se va respecta condiţia (6.37);

— dacă întreruptorul este automat, tip contactor, se va respecta condiţia (6.44);

Scanned with OKEN Scanner

— dacă întreruptorul este automat, cu relee termice, se vor respecta condiţiile (6.44) şi (6.45);

— dacă întreruptorul este automat cu relee termice şi relee electromagnetice (*REM*), se vor respecta condiţiile (6.44), (6.45), la care se adaugă:

$$I_{REM} \geq 1{,}2\ I_{c\ max},$$
$$I_{REM} \leq 4{,}5\ I_{ma}, \tag{6.58}$$

condiţiile necesare stabilirii dimensiunilor releelor electromagnetice.

Alegerea siguranţei fuzibile se face punând condiţiile:

$$I_F \geq I_n$$
$$I_F \geq \frac{I_{c\ max}}{2} \tag{6.59}$$
$$I_F \leq 3\ I_{ma}$$

când întrerupătorul automat nu este prevăzut cu *REM*. Dacă întreruptorul automat are *REM*, siguranţele fuzibile se aleg cu două trepte mai mari decât valoarea curentului de reglaj al *REM* stabilită cu relaţiile (6.58).

Alegerea aparatelor de măsurat se face la fel ca la instalaţiile pentru iluminat şi prize, cu observaţia că instalaţiile de forţă fiind echilibrate, pentru ele este suficientă montarea unui singur ampermetru.

Exemplu de calcul pentru coloana tabloului de forţă *TF 1**

În tabelul 6.3 au fost grupate principalele date ale receptoarelor necesare în calculul coloanei.

TABELUL 6.3

Caracteristicile receptoarelor necesare calculului coloanei *TF 1*

Receptorul	Pi [kW]	cos φ	η	I_n [A]	I_p [A]	sin φ
$m_1 - m_2$	1,1	0,78	0,73	2,9	17,6	0,626
m_4, m_5	7,5	0,84	0,855	15,9	34,5	0,543
m_6, m_7	1,5	0,79	0,76	3,8	22,8	0,613
m_8, m_9	2,2	0,74	0,77	5,9	32,5	0,673
f_{10}	5,0	0,8	0,8	11,9	59,5	0,600

Se presupune că următoarele receptoare funcţionează simultan: m_1, m_2, m_4, m_6, m_8 şi f_{10} ($n = 6$). Rezultă coeficientul de simultaneitate, conform relaţiei (6.53):

$$c_s = \frac{\sum_1^6 P_i}{\sum_1^{10} P_i} = \frac{1{,}1 + 1{,}1 + 7{,}5 + 1{,}5 + 2{,}2 + 5{,}0}{35{,}3} = 0{,}52.$$

* Se vor consulta şi folosi *Normativul I-70-90* şi *Cataloagele de aparate*.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicând relaţia (6.54), rezultă randamentul mediu al receptoarelor în funcţiune simultană:

$$\eta_m = \frac{\sum_1^6 P_i}{\sum_1^6 \frac{P_i}{\eta_i}} = \frac{1{,}1 + 1{,}1 + 7{,}5 + 1{,}5 + 2{,}2 + 5{,}0}{\frac{1{,}1}{0{,}73} + \frac{1{,}1}{0{,}73} + \frac{7{,}5}{0{,}855} + \frac{1{,}5}{7{,}6} + \frac{2{,}2}{0{,}77} + \frac{5{,}0}{0{,}8}} = 0{,}805.$$

Se aleg: coeficientul de încărcare $c_i = 0{,}96$ şi randamentul reţelei $\eta_r = 0{,}99$. Aplicând relaţia (6.52) rezultă coeficientul de cerere:

$$c_c = \frac{c_s c_i}{\eta_r \eta_m} = \frac{0{,}52 \cdot 0{,}96}{0{,}99 \cdot 0{,}805} = 0{,}63.$$

Pentru determinarea factorului de putere mediu se aplică relaţia (6.55), folosind datele din tabelul 6.3:

$$\cos\varphi_m = \frac{\sum_1^6 I_{ni} \cos\varphi_i}{\left[\left(\sum_1^6 I_{ni}\cos\varphi_i\right)^2 + \left(\sum_1^6 I_{ni}\sin\varphi_i\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

unde:

$$\sum_1^6 I_{ni}\cos\varphi_i = 2{,}9 \cdot 0{,}78 + 2{,}9 \cdot 0{,}78 + 15{,}9 \cdot 0{,}84 + 3{,}8 \cdot 0{,}79 +$$

$$+ 0{,}59 \cdot 0{,}74 + 11{,}9 + 0{,}8 = 34{,}8 \text{ A}.$$

$$\sum_1^6 I_{ni}\sin\varphi_i = 2{,}9 \cdot 0{,}626 + 2{,}9 \cdot 0{,}626 + 15{,}9 \cdot 0{,}543 + 3{,}8 \cdot 0{,}613 +$$

$$+ 5{,}9 \cdot 0{,}673 + 11{,}9 \cdot 0{,}6 = 25{,}7 \text{ A};$$

$$\cos\varphi_m = \frac{34{,}8}{\sqrt{34{,}8^2 + 25{,}7^2}} = 0{,}804.$$

Introducând datele calculate în relaţia (6.51) rezultă curentul nominal:

$$I_n = \frac{c_c P_i}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi_m} = \frac{0{,}63 \times 35\,300}{\sqrt{3} + 380 \times 0{,}804} = 42{,}0 \text{ A}.$$

Rezultă pentru conducta de fază o secţiune din aluminiu *AFY*, 16 mm^2, pentru care $I_{ma} = 43$ A > 42 A, iar coloana este:

$$AFY\ 3 \times 16\ \text{mm}^2 + FY\ 10\ \text{mm}^2/PEL\ 29.$$

Curentul maxim pe coloană se determină cu relaţia (6.57), în care:
$I_{p\,max} = 59{,}5$ A (al circuitului f 10 — din tabelul 6.3):

$$\sum_1^5 I_{ni}\cos\varphi_i = 2{,}9 \cdot 0{,}78 + 2{,}9 \cdot 0{,}78 + 15{,}9 \cdot 0{,}84 + 3{,}8 \cdot 0{,}79 +$$

$$+ 5{,}9 \cdot 0{,}74 = 25{,}3 \text{ A}.$$

$$\sum_1^5 I_{ni}\sin\varphi_i = 2{,}9 \cdot 0{,}626 + 2{,}9 \cdot 0{,}626 + 15{,}9 \cdot 0{,}543 + 3{,}8 \cdot 0{,}613 +$$

$$+ 5{,}9 \cdot 0{,}63 = 18{,}6 \text{ A}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Rezultă:

$$I_{c\,max} = \sqrt{(59{,}5 \cdot 0{,}8 + 25{,}3)^2 + (59{,}5 \cdot 0{,}6 + 18{,}6)^2} = 90{,}9\text{A},$$

iar densitatea de curent pe coloană la pornire este:

$$J_p = \frac{I_{c\,max}}{s} = \frac{90{,}9}{16} = 5{,}7\frac{A}{mm^2} < 20\frac{A}{mm^2}.$$

Se alege un întreruptor manual tip pârghie *IP* 100 (aplicând relaţia (6.38) şi utilizând *Cataloagele de aparate*. Siguranţele fuzibile sunt date de relaţia (6.59):

$$I_F \geq I_n = 42{,}0 \text{ A} \rightarrow I_F \geq 50 \text{ A};$$

$$I_F \geq \frac{I_{c\,max}}{2} = \frac{90{,}9}{2} = 45{,}5 \text{ A} \rightarrow I_F \geq 50 \text{ A}$$

$$I_F \geq 3\ I_{ma} = 3 \cdot 43 = 129 \text{ A} \rightarrow I_F \geq 125 \text{ A}.$$

Din inecuaţiile de mai sus rezultă $I_F = 50$ A şi se aleg siguranţele *LGFi* 63/50 A.

● **Calculul coloanei generale** se face în mod identic ca şi calculul coloanei secundare. Fiecare din coloanele secundare va fi asimilată la nivelul *TGF* cu un circuit ai cărui parametri sunt cunoscuţi.

C. EXECUŢIA INSTALAŢIILOR ELECTRICE

Principalele etape în execuţia instalaţiilor electrice de lumină şi forţă dintr-o clădire sunt:

— montarea tuburilor de protecţie şi a conductelor electrice;
— montarea tablourilor electrice;
— montarea receptoarelor;
— montarea prizei de pământ şi a reţelei generale de legare la pământ;
— executarea legăturilor la tablourile electrice şi la priza de pământ;
— punerea sub tensiunea instalaţiei.

Trebuie arătat că în afara instalaţiilor electrice de lumină şi forţă, într-o clădire se mai găsesc şi alte instalaţii cu caracter special: de telefoane, de radioamplificare, de sonerii, de ceasuri, de avertizare a incendiului, de pază etc. Acestea au o execuţie doar în principiu asemănătoare, elementele componente diferind mult de la caz la caz.

Înainte de a se trece efectiv la executarea instalaţiei electrice propriu-zise au loc câteva acţiuni care pot fi considerate ca *lucrări pregătitoare:*

● **Verificarea pieselor desenate ale instalaţiei electrice.** Pentru a putea fi executate, instalaţiile electrice se reprezintă în scheme de distribuţie (principale şi secundare, mono- şi multifilare), în *planuri* (pe niveluri cu traseele coloanelor şi circuitelor şi poziţiilor tablourilor şi receptoarelor) şi *în detalii de execuţie* (pentru prinderea de elemente de construcţie, pentru tablourile electrice, montarea receptoarelor etc.). Este necesar ca toate aceste piese să fie verificate dacă sunt corect executate, dacă corespund cu modul de executare al construcţiei, dacă se completează în mod logic între ele.

● **Identificarea traseului instalaţiei pe elementele de construcţie şi marcarea cu cretă albă a acestuia.** O atenţie deosebită se vor da locurilor unde instalaţia traversează elementele de construcţie — pereţi şi planşe. Aici constructorul trebuie să fi lăsat golurile necesare trecerii. Nu se va devia traseul

Scanned with OKEN Scanner

instalaţiei decât cu acordul constructorului şi proiectantului pentru a nu afecta părţile de rezistenţă ale construcţiei (grinzi, stâlpi în special). Aceeaşi atenţie se va acorda şi locurile unde se vor monta tablourile electrice, prizele, întreruptoarele, pentru ca acestea să corespundă condiţiilor prevăzute de proiect.

● **Executarea străpungerilor în elementele de construcţie** dacă acestea nu au fost executate de constructor, anterior. Străpungerile se execută cu dalta ascuţită (şpiţ) şi lată (fig. 6.29) prin batere cu ciocanul. Se folosesc ciocane cu masa de 0,5–2 kg. Se mai pot executa şi cu maşina electrică universală cu burghiu, pentru diametrele de 8—20 mm, sau cu freze, pentru diametre de 50—90 mm. Străpungerile sunt executate în planşee şi pereţi pentru traversări şi pentru realizarea golurilor în care se vor monta dozele de ramificaţie, dozele de aparat, diblurile de lemn sau material plastic etc. Golurile pentru doze se fac astfel încât acestea să se găsească cu 2—3 mm sub nivelul tencuielii, iar montarea lor se face o dată cu cea a tuburilor de protecţie. Golurile pentru diblurile de lemn se fac astfel, încât acestea să se afle la nivelul tencuielii (fig. 6.30). Diblul de lemn *1* se fixează în golul din zidul *2*, utilizându-se un material de legătură *3*, care depinde de mediul din încăpere:

— în camerele uscate se utilizează ipsosul. Înainte de fixare golul se umezeşte pentru a favoriza prinderea;

— în camerele umede şi pe pereţii exteriori se utilizează numai cimentul. Diblul este acoperit de tencuiala *4*. Pentru identificare se folosesc două cuie de reper *5*, care fixează extremităţile diblului pe direcţia axelor. Diblurile din material plastic se montează fără lucrări pregătitoare şi aceasta se face o dată cu instalaţia pentru care sunt necesare.

● **Executarea şanţurilor în pereţi (în zidărie) pentru montarea tuburilor de protecţie.** Aceste şanţuri se execută cu dalta lată şi ciocanul sau cu maşina electrică universală pentru străpungeri, pe care se aplică o daltă în loc de burghiu. Adâncimea şanţului este cu 8—10 mm mai mare decât diametrul maxim al tuburilor, iar lăţimea este cu 10—20 mm mai mare decât suma diametrelor tuburilor ce se montează împreună.

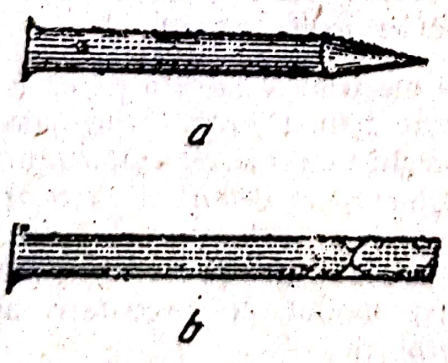


Fig. 6.29. **Daltă de străpungere:** *a* — ascuţită; *b* — lată.

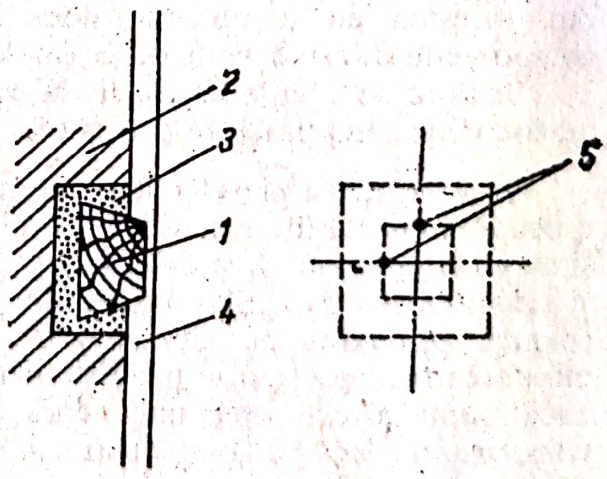


Fig. 6.30. **Montarea diblului de lemn:** *1* — diblu de lemn; *2* — zid în care se face golul; *3* — material de legătură dintre zid şi diblu; *4* — tencuială; *5* — cuie de reper pentru identificarea diblului şi fixarea axelor.

Scanned with OKEN Scanner

1. MONTAREA TUBURILOR DE PROTECŢIE ŞI A CONDUCTELOR ELECTRICE

a. Montarea tuburilor de protecţie

Tuburile de protecţie (din *PVC* sau metal) se aduc pe şantierul de construcţii în lungimi fixe, de regulă 3 m. Pentru a putea fi montate este necesar ca acestea să fie prelucrate: *tăiate, filetate, îndoite* şi *îmbinate*. Se execută astfel porţiuni din traseul instalaţiei *(tronsoane)*, care apoi se montează pe elementele de construcţii şi se îmbină între ele.

Tăierea tuburilor se face la bancul de lucru, după ce tubul a fost prins în menghină. Tuburile din *PVC* se taie cu ferăstrăul de mână cu pânză lată pentru lemn, iar cele metalice, cu ferăstrăul de mână cu pânza pentru metal, cu aparatul de sudare autogenă, sau la maşini speciale, când tăierea se execută în atelierele de prefabricate. După tăiere, marginea tubului se curăţă de bavuri cu ajutorul unei pile (late, rotunde, semirotunde etc.). Locul în care are loc tăierea se stabileşte prin măsurare. Dacă tubul nu-şi schimbă direcţia măsurarea este simplă. Atunci când tubul face un cot, măsurarea se face ca în figura 6.31 şi lungimea necesară de tăiat este:

$$l = l_1 + l_2, \tag{6.60}$$

unde l_1 şi l_2 sunt lungimile de la punctul de început (respectiv sfârşit) al tronsonului până la cot.

Filetarea tuburilor se face numai la tuburile metalice (*IPE*, *PEL* şi ţevi). Se folosesc clupele cu bancuri, în funcţie de diametru, pentru tuburile *PEL*, şi clupele cu bancuri reglabile, pentru ţevi. În atelierele de prefabricate se pot folosi maşini electrice de filetat.

Îndoirea tuburilor se face atunci când nu se pot utiliza coturile sau curbele prefabricate. Îndoirea se poate face:

— *la cald*, pentru tuburile din *PVC* şi metal. Tuburile cu diametrul peste 32 mm înainte de îndoire se umplu cu nisip uscat. Se astupă unul dintre capetele tubului şi se toarnă nisip pe la celălalt. În tot acest timp tubul se bate pe toată lungimea sa cu ciocănele de lemn pentru trasarea nisipului. Când tubul s-a umplut, se astupă şi capătul al doilea. Tuburile din *PVC* se încălzesc

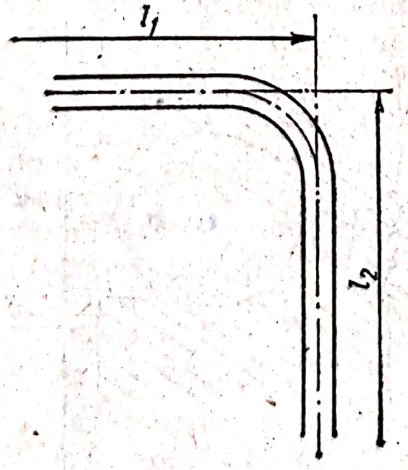


Fig. 6.31. Lungimile măsurate în cazul efectuării unui cot.

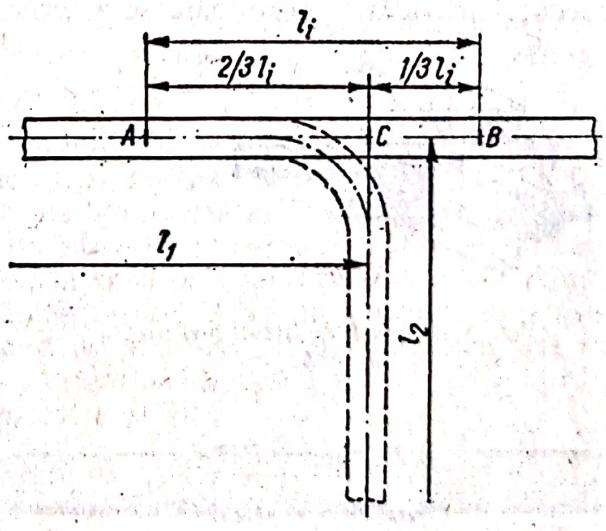


Fig. 6.32. Marcarea ţevii pentru îndoire la cald.

Scanned with OKEN Scanner

cu aer cald, în flacăra unui arzător de aragaz sau chiar la flacăra unei hârtii aprinse. După îndoire, tubul se răceşte brusc prin introducere în apă rece sau ştergere cu cârpe ude. Tuburile cu diametrul mai mic de 32 mm nu se umplu cu nisip atunci când se execută îndoirea lor. Ţevile metalice se încălzesc la forjă rotindu-se permanent până la atingerea temperaturii de îndoire. Atunci când îndoirea ţevii trebuie să se facă la poziţie se va folosi pentru încălzire aparatul de sudare cu flacără oxiacetilenică. Lungimea pe care se încălzeşte ţeava (l) pentru îndoire este în funcţie de diametrul ei. Lungimea de încălzire se marchează pe ţeavă cu creta (fig. 6.32) la capetele lungimii l_i (punctele A şi B) şi la $2/3\ l_i$ (punctul C), astfel ca punctul C să marcheze şi lungimea l_i până la capătul de prindere al ţevii. Ţeava se prinde în menghină în zona punctului A şi se trage de celălalt capăt până se realizează unghiul dorit (90° în cazul figurii 6.32). Măsurarea unghiului se face cu un şablon;

— *la rece*, pentru ţevile metalice. Aceasta se realizează la prese mecanice (fig. 6.33), dacă forţa omului este amplificată de un sistem de pârghii, şi la prese hidraulice, dacă forţa este amplificată de un sistem hidraulic. Presele mecanice se folosesc pentru diametre până la 32 mm, iar cele hidraulice, până la 65 mm. Peste aceste dimensiuni se utilizează curbe prefabricate executate fie dintr-o bucată, fie din mai multe segmente sudate.

Îmbinarea tuburilor se realizează prin fitinguri sau sudare. Fitingurile sunt piese de continuitate a tuburilor (mufe), de schimbare de direcţie (coturi, curbe) şi de ramificaţie (teuri). Fitingurile pentru tuburile *IPY* sunt din *PVC* nefiletate. Se introduc pe tuburi (fig. 6.34) după ce s-au încălzit în prealabil. În cazul tuburilor *IPEY* îmbinările sunt (suplimentar) lipite cu soluţie adezivă, asigurându-se în acest fel etanşeitatea.

Fitingurile pentru ţevile metalice sunt aceleaşi cu deosebirea că sunt executate din metal şi îmbinarea se realizează prin filet.

Sudarea se adoptă numai pentru îmbinările ţevilor, în instalaţii etanşe. Se utilizează aparatul pentru sudarea cu flacără oxiacetilenică.

După prelucrarea corespunzătoare a tuburilor, acestea se montează pe traseul stabilit în proiect. Montarea se poate efectua *sub tencuială, în zidurile sau plăcile de beton armat, peste placa plafonului (în pardoseală), sau aparent.*

• **Montarea tuburilor sub tencuială.** Tuburile se montează într-un şanţ executat în zidărie, peste care se aşterne tencuiala (fig. 6.35).

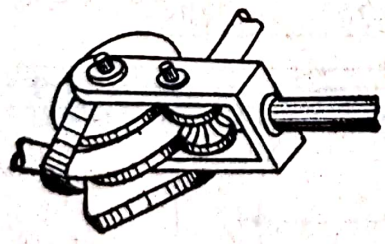


Fig. 6.33. Presă de îndoit ţevi metalice PEL.

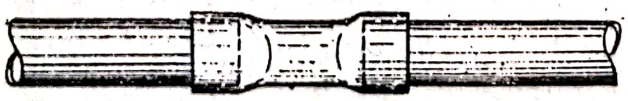


Fig. 6.34. Îmbinare prin mufă, a tuburilor din PVC.

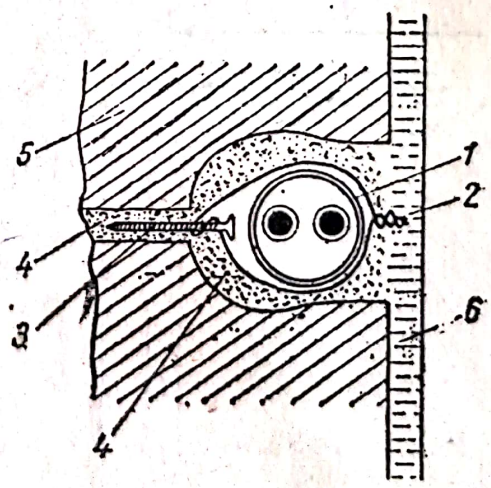


Fig. 6.35. Fixarea tubului de protecţie sub tencuială.

Scanned with OKEN Scanner

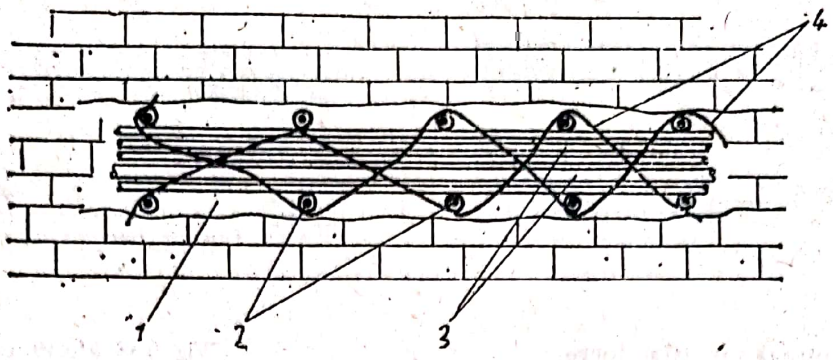


Fig. 6.36. **Fixarea unui fascicul de tuburi:**
1 — şanţ; *2* — tuburi de protecţie; *3* — cuie; *4* — sârmă moale.

Tubul *1* este provizoriu legat cu sârmă moale *2* de cuiul *3* şi apoi fixat cu mortar *4* în zidul *5*. Peste acestea se aşterne tencuiala *6*. De multe ori se renunţă la acest sistem, care necesită manoperă multă, şi se aplică peste tub, din loc în loc, copci de ipsos, pentru o fixare temporară până la aplicarea tencuielii. Este necesar ca tubul să nu joace în şanţ pentru a permite fixarea tencuielii. Dacă tuburile se montează în fasciculele (fig. 6.36) fixarea se realizează pentru întreg fascicul şi nu individual, utilizând o reţea din sârmă moale *4*, prinsă de cuiele *3*. Odată cu tuburile de protecţie se fixează şi dozele de ramificaţie şi de aparat. În cazul dozelor individuale, doza se aşază în golul săpat special pentru ea în zid, se fixează cu ipsos şi se introduc tuburile de protecţie în doză (circa 5 mm). După aceasta se fixează bine cu ipsos tubul şi doza de o parte şi de alta a dozei pentru ca montajul să reziste mai târziu la tragerea conductelor în tuburi. În locul în care se montează o doză şanţul se execută mai lat pentru a se distanţa tuburile de protecţie între ele. În cazul dozelor centralizate, toate tuburile se introduc în doză. Doza este de dimensiuni mari şi se fixează cu console în zid cu sârmă şi cuie.

● **Montarea tuburilor în zidurile sau plăcile de beton.** Tuburile se fixează cu sârmă de armătura zidului sau a plăcii, înainte de executarea cofrajului de turnare. Traseul tubului se va realiza în aşa fel încât să nu împiedice turnarea betonului sau să se creeze goluri care ar slăbi rezistenţa acestor elemente de construcţie. De regulă, tuburile se montează în plăci la distanţă de armătura principală de rezistenţă (fig. 6.37).

● **Montarea tuburilor peste placa plafonului.** În figura 6.37 se pot observa principalele elemente componente ale unui plafon (sau pardoseli). Ele se compun din placa de beton armat de rezistenţă *3*, stratul de beton de egalizare *4* (şapca de egalizare) şi pardoseala propriu-zisă, de uzură, *5*. Tuburile se mai pot monta direct pe placa de rezistenţă, în şapa de egalizare (fig. 6.38). Până la turnarea şapei tuburile se protejează contra loviturilor mecanice cu un strat de mortar, de o parte şi de alta. În acest fel se poate circula pe placă fără a se deplasa şi distruge tuburile. Tubul va urma fie un traseu vertical pe perete, fie va străpunge placa printr-un gol special realizat.

● **Montarea tuburilor aparent.** Acesta este un procedeu de montaj foarte frecvent, în special în subsolurile tehnice, în construcţiile industriale.

Fixarea tuburilor pe elementele de construcţie (pereţi, stâlpi, grinzi, plafon) se poate face în foarte multe moduri, în funcţie de numărul de tuburi, mărimea lor, posibilităţile de prindere etc. Tuburile de *PVC* se fixează direct

Scanned with OKEN Scanner

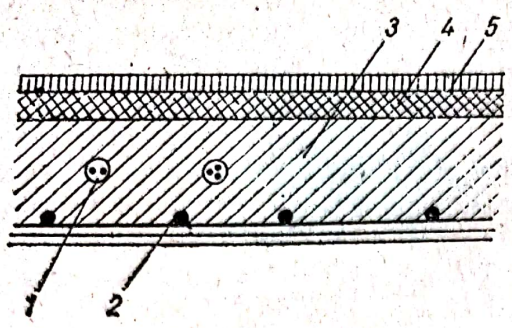


Fig. 6.37. **Montarea tuburilor îngropate în placa de beton armat:**
1 — tuburi de protecţie; *2* — armătură de rezistenţă; *3* — placă de beton armat; *4* — şapa de egalizare; *5* — pardoseala de uzură.

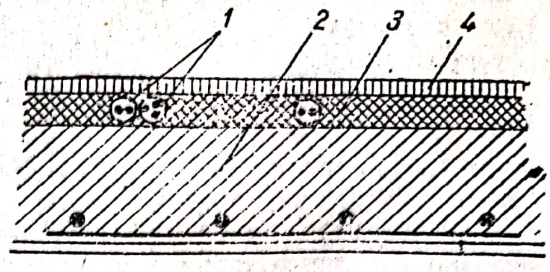


Fig. 6.38. **Montarea tuburilor peste placa de beton armat:**
1 — tuburi de protecţie; *2* — placa de beton armat (de rezistenţă); *3* — şapa de egalizare; *4* — pardoseala de uzură.

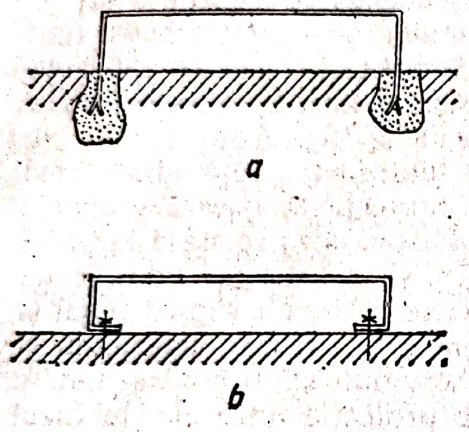


Fig. 6.39. **Consolă pentru montarea aparentă a tuburilor de protecţie:**
a — fixată direct; *b* — fixată în şuruburi (bolţuri împuşcate).

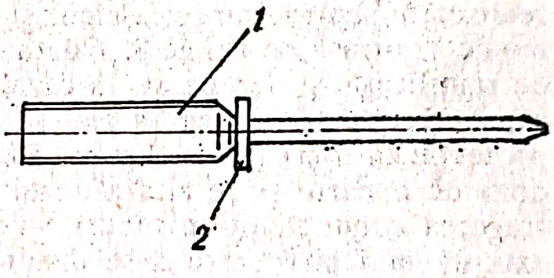


Fig. 6.40. Bolţ pentru împuşcat:
1 — bolţ; *2* — rondelă din PVC.

pe construcţie, iar cele metalice se fixează pe console prinse în construcţie (fig. 6.39). Prinderea consolelor se face folosindu-se:

— mortar, ipsos sau ciment (fig. 6.39, a);
— dibluri de lemn (foarte rar);
— bolţuri împuşcate (fig. 6.39, b);
— dibluri din material plastic.

Bolţurile împuşcate (fig. 6.40) sunt din oţel, ascuţite la un capăt şi filetat la celălalt. Pe ele se află o rondelă din PVC cu rolul de a opri înaintarea bolţului în beton peste limita prevăzută. Bolţul se introduce în beton, folosindu-se un pistol special, a cărui manevrare se face numai de persoane automatizate.

Diblurile din material plastic (fig. 6.41) au corpul din material plastic 1 în care se introduce un şurub 2 de 3—8 mm diametru. În zid se face o gaură cu maşina de găurit, cu diametrul cu un milimetru mai mare decât al diblului. Diblul din material plastic se introduce în gaură prin batere cu ciocanul. Apoi se introduce şurubul folosind şurubelniţa. La intrarea acestuia cele două părţi ale diblului se desfac, fixându-se în zidărie. Pe suprafaţa laterală ele au nişte crestături care nu permit nici smulgerea, nici rotirea diblului.

Scanned with OKEN Scanner

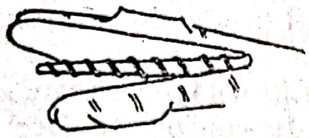


Fig. 6.41. **Diblu din material plastic:**
1 — corp din material plastic;
2 — şurub.

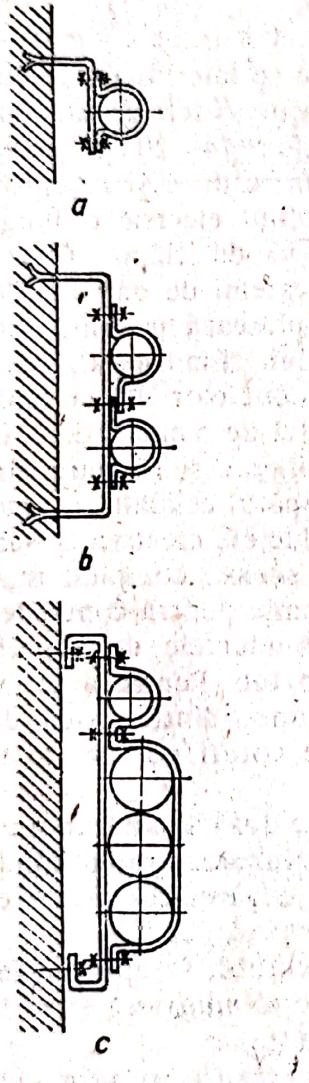


Fig. 6.43. **Fixarea tuburilor de protecţie cu brăţări:**
a — cu brăţară simplă pentru un tub; *b* — cu brăţară simplă pentru mai multe tuburi; *c* — cu brăţară combinată pentru tuburi cu dimensiuni diferite.

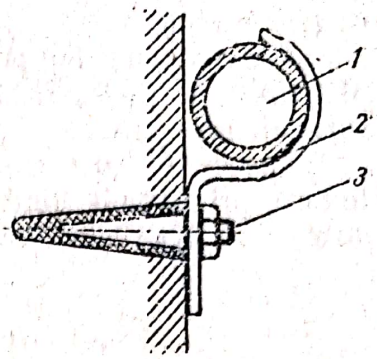


Fig. 6.42. **Fixarea tubului de protecţie cu scoabă pe zid:**
1 — tub de protecţie; *2* — scoabă;
3 — şurubul de prindere.

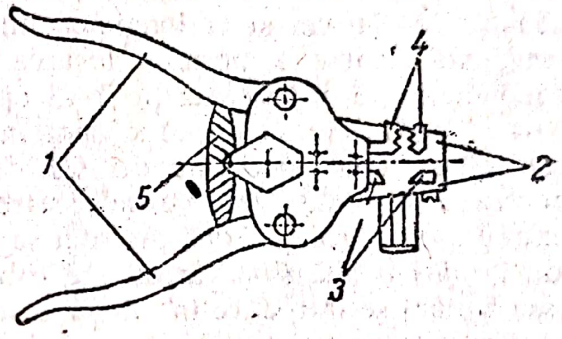


Fig. 6.44. **Cleşte pentru dezizolat conducte:**
1 — braţe; *2* — fălci de strângere; *3* — cuţite ce taie izolaţia; *4* — bacuri; *5* — arc.

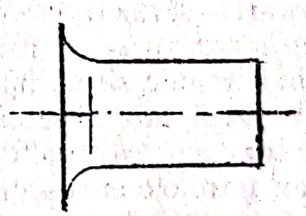


Fig. 6.45. **Tilă folosită la tragerea conductelor în tuburi.**

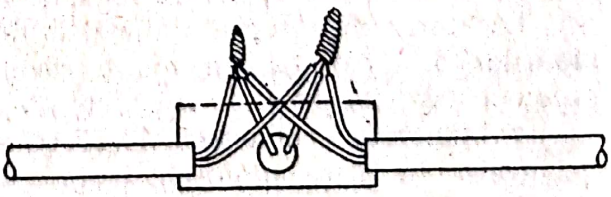


Fig. 6.46. **Legături în doză între conductoarele de cupru.**

Scanned with OKEN Scanner

Prinderea tuburilor direct de zidărie se face cu *scoabe* (fig. 6.42). Scoabele sunt executate din bandă de oţel de $15 \times 2\ mm^2$ şi se pot prinde de construcţie ca şi consolele.

Fixarea tuburilor pe console se face cu *brăţări* (fig. 6.43) executate din platbandă de oţel de $20 \times 2\ mm^2$. Fixarea brăţărilor de console se face cu şuruburi cu piuliţe.

Dozele, în cazul montării aparente a tuburilor, sunt şi ele aparente, şi se fixează printr-unul dintre procedeele arătate. După montarea tuburilor şi dozelor se trece la *tragerea conductelor în tuburi.*

b. Montarea conductelor electrice

Conductele sosesc în şantier în colaci. Din acestea se taie lungimea dorită cu cleştele universal (patentul). Lungimea se stabileşte astfel: se adaugă la lungimea tubului de protecţie dintre două doze câte 14—20 cm necesari efectuării legăturilor electrice în doze; la lungimea dintre doză şi receptor se adaugă 20—30 cm şi la lungimea dintre doză şi tabloul electric o lungime suficientă pentru a permite legarea acestora la şirul de cleme. Capetele conductelor se dezizolează pe 2—3 cm cu ajutorul cleştelui de dezizolat (fig. 6.44). Conductele se introduc apoi în tub astfel: se plasează pe unul dintre capetele tubului o piesă numită *tilă*, de forma unei pâlnii cilindrice (fig. 6.45), pentru a se micşora forţele de frecare la tragerea conductelor. Pe la capătul opus se introduce o sârmă din oţel sau o bandă din oţel de 5 mm lăţime, care are în vârf o bilă (sau vârful este rotunjit). Prin împingere şi răsucire sârma (sau banda) se introduce în tub până se scoate pe la capătul celălalt al tubului, pe care este plasată tila. De acest capăt se fixează conductele electrice şi sârma de oţel (sau banda) se trage înapoi până când este scoasă complet, în tub rămânând conductele. Această metodă este utilizată numai pentru conducte de cupru şi cabluri electrice. Nu este admisă pentru conductele de aluminiu. Conductele de aluminiu se introduc prin împingere în tub. Pentru a se evita blocarea sârmei de oţel în tubul de protecţie, distanţa dintre două doze apropiate nu se ia mai mare de 6 m, iar numărul de coturi pe care le face tubul trebuie să fie mai mic de trei.

După introducerea conductelor în tuburi, în fiecare doză se află un număr de conducte cu capetele dezizolate. Se execută în continuare legarea conductelor între ele în conformitate cu indicaţiile din proiect. Legarea conductoarelor se face astfel:

— conductoarele de cupru se curăţă de oxid cu cuţitul, se apropie între ele, se răsucesc cu cleştele universal (operaţia se numeşte *matisare*) şi se lasă în afara dozei la distanţă de celelalte legături (fig. 6.46);

— conductoarele de aluminiu *nu se leagă prin matisare,* ci prin cleme triunghiulare (speciale) pentru legături în doze (fig. 6.47).

Legăturile sunt permise numai în doze. Nu se admit legături în interiorul tuburilor de protecţie. În multe cazuri conductele montate în tuburi de protecţie sunt înlocuite cu conducte *INTENC* sau cabluri electrice.

• **Montarea conductelor INTENC** se face direct pe zidărie înainte de a fi tencuită, pe placa pardoselii înainte de a se executa şapa de egalizare sau în placa de beton armat. Prinderea şi fixarea acestora se realizează la fel ca pentru tuburile de protecţie. La curbe conductele *INTENC* se montează ca în figura 6.48.

Scanned with OKEN Scanner

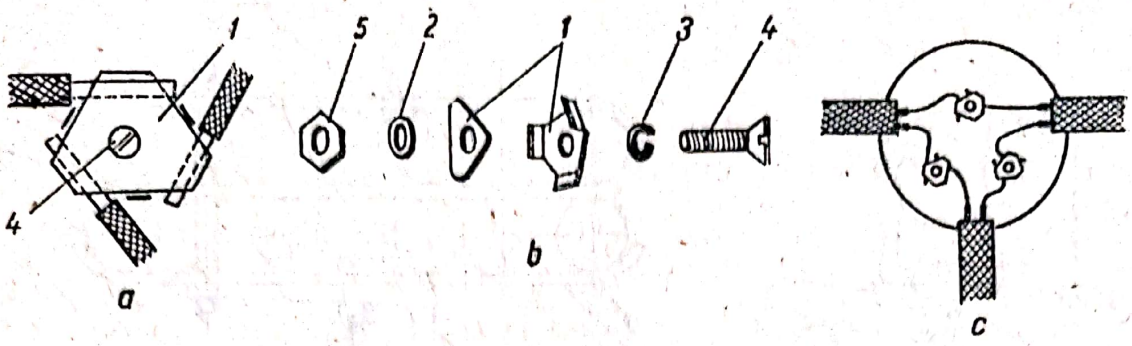


Fig. 6.47. **Legarea în doză a conductoarelor de aluminiu:**
a — clemă cu legăturile făcute; *b* — părţile componente ale unei cleme; *c* — efectuarea legăturilor în doză:
1 — contactele clemei; *2* — rondelă plată; *3* — rondelă elastică; *4* — şurub; *5* — piuliţă.

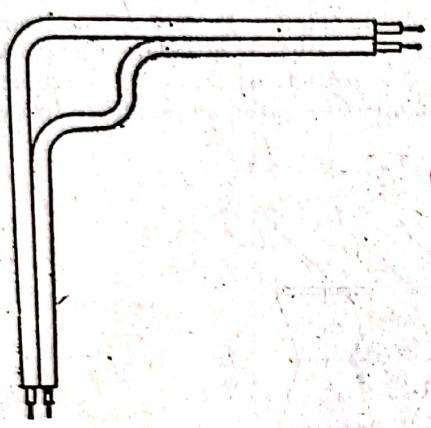


Fig. 6.48. **Executarea curbelor conductelor** *INTENC.*

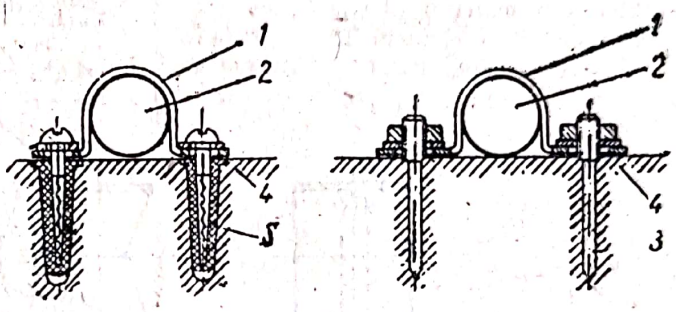


Fig. 6.49. Montarea cablului cu brăţară:
a — fixată cu dibluri din material plastic;
b — fixată cu bolţuri împuşcate;
1 — brăţară; *2* — cablu; *3* — diblu din material plastic cu şurub sau bolţ împuşcat;
4 — elemente de construcţie.

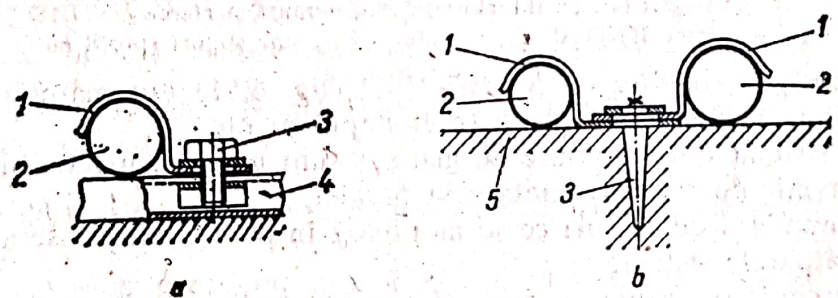


Fig. 6.50. **Montarea cablului cu scoabă metalică:**
a — simplă pe profil Ω; *b* — scoabe cuplate pe element de construcţie;
1 — scoabă; *2* — cablu; *3* — elemente de fixare (şurub cu piuliţă, diblu, bolţ); *4* — profil Ω; (C, U) de fixare; *5* — element de construcţie.

• **Montarea cablurilor** se execută aproape în exclusivitate aparent, direct pe elementele de construcţii sau pe dispozitive de susţinere, prin următoarele sisteme:

— *montarea cablurilor cu brăţară* (fig. 6.49) ce poate fi fixată cu dibluri din material plastic sau cu bolţuri împuşcate. Brăţara se execută din bandă de oţel de 15 × 2 mm^2;

— *montarea cablului cu scoabă* (fig. 6.50) ce poate fi fixată pe un profil metalic (Ω, C, U etc.), sau direct pe elementul de construcţie;

Scanned with OKEN Scanner

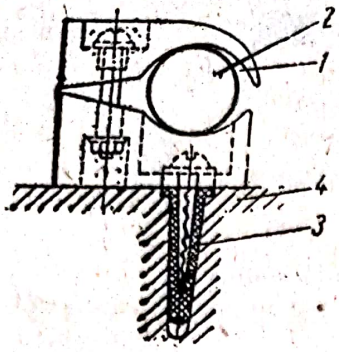


Fig. 6.51. **Montarea cablului cu scoabă NBU**
1 — scoabă *NBU*; *2* — cablu; *3* — element de fixare (diblu din material plastic cu şurub); *4* — element de construcţie.

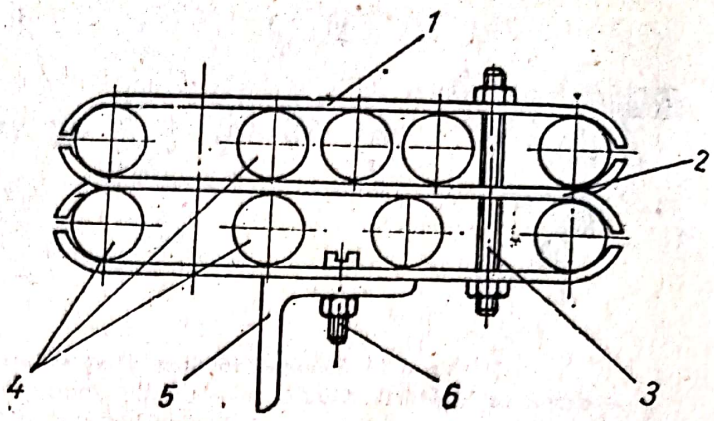


Fig. 6.52. Montarea cablurilor cu bride:
1 — bridă simplă; *2* — bridă dublă de fixare colectivă; *3* — tijă de prindere filetată la capete; *4* — pachete de cabluri; *5* — cornier de susţinere; *6* — şurub cu piuliţă de fixare.

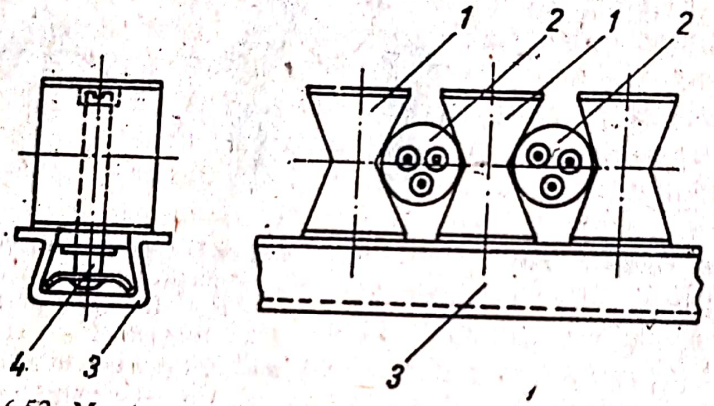


Fig. 6.53. **Montarea cablurilor pe şină suport şi cleme *UNITAS*:**
1 — cleme UNITAS; *2* — cabluri; *3* — şina suport (profil cu

— *montarea cablului cu scoabă NBU* (fig. 6.51) din material plastic şi fixată în diblu de plastic cu şurub (bolţ împuşcat etc.).

Toate sistemele de montare de mai sus sunt utilizate îndeosebi în situaţia unui număr mic de cabluri montate în paralel.

Când numărul de cabluri ce se montează în paralel creşte, se adoptă unul dintre următoarele sisteme:

— *montarea cablurilor cu bride* (fig. 6.52) de fixare colectivă a unuia sau mai multor pachete de cabluri. Într-un pachet de cabluri sunt prevăzute cabluri de acelaşi diametru exterior;

— *montarea cablurilor pe şină suport şi cleme UNITAS* (fig. 6.53) pentru montarea mai multor cabluri în paralel *2*. Acestea se prind între clemele *1* care sunt fixate pe profilul cu găuri *3* prin şurub şi piuliţă *4*. Profilul la rândul lui este fixat pe elementele de construcţie în mod convenabil;

— *montarea cablurilor pe suport din răşină presată* (fig. 6.54). Aceste suporturi se pot fixa fie suspendat (fig. 6.54, *a*), fie în consolă (fig. 6.54, *b*), oferind posibilitatea montării unui număr mare de cabluri, de diametre şi chiar de tensiuni diferite. Acest lucru se realizează prin montarea de console suprapuse la distanţe (pe verticală) între 150 şi 250 mm. Între două console

Scanned with OKEN Scanner

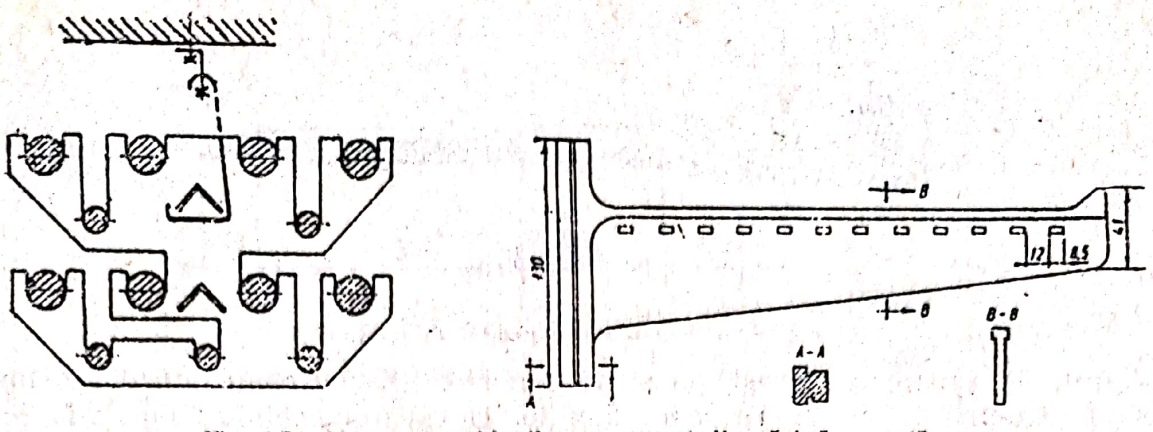


Fig. 6.54. **Montarea cablurilor pe suport din răşină presată:**
a — pentru montaj suspendat; *b* — pentru montaj în consolă.

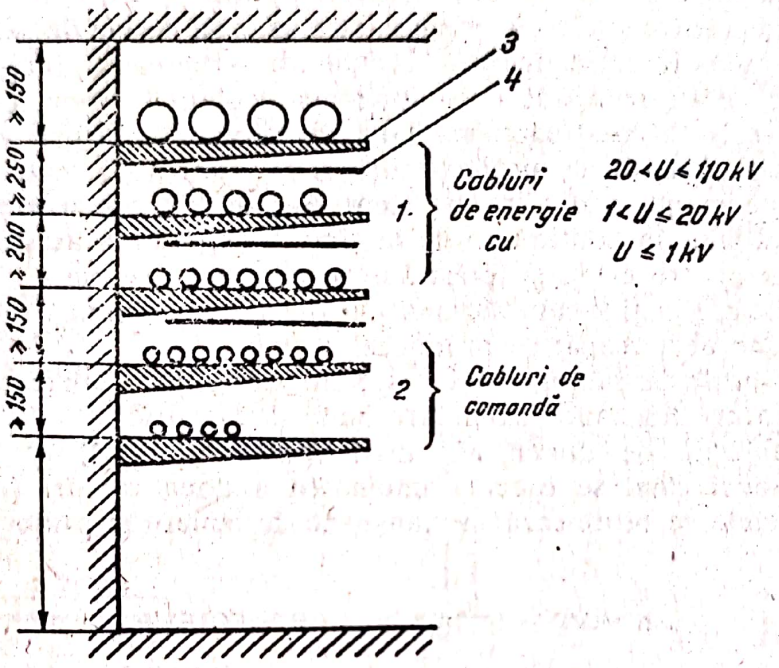


Fig. 6.55. **Montarea cablurilor pe console etajate în funcţie de tensiunea nominală:**
1 — cabluri pentru energie (1 kV ... 110 kW); *2* — cabluri pentru comandă; *3* — console din răşină; *4* — plăci de separaţie.

cu cabluri de tensiuni diferite se montează o placă metalică (placă de separaţie) (fig. 6.54).

Mai sus s-au prezentat numai câteva moduri de montare a cablurilor, utilizate cu mare frecvenţă, atât în construcţiile social-administrative (în spaţiile tehnice) cât şi în clădirile industriale. În afara acestora există încă multe alte posibilităţi de montare.

În situaţiile în care *cablul* este expus deteriorării datorită mediului şi în special loviturilor mecanice, acesta *se montează în tub de protecţie* pe porţiunea expusă.

Cablurile se taie la lungime cu ferăstrăul de mână pentru metale. De regulă cablurile sunt continue între tabloul electric şi receptor. Se execută treceri şi legături în doze numai în cazul cablurilor cu secţiunea conductoarelor mică (2,5—6 mm^2). Pentru celelalte dimensiuni se evită astfel de legături pentru a nu crea posibile surse de defect pentru cablu. Cablul are un număr mare de

Scanned with OKEN Scanner

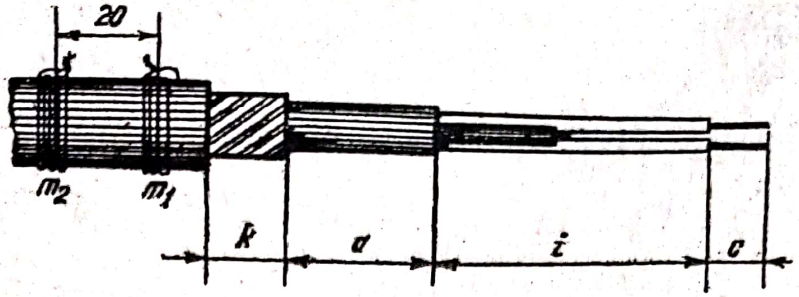


Fig. 6.56. **Fasonarea capetelor de cablu.**

straturi de izolare, de rezistenţă şi de ecranare. Dacă trebuie înnădit, toate aceste straturi se desfac cu mare atenţie, la capătul cablului. Operaţia se numeşte *fasonarea capetelor* şi constă în îndepărtarea succesivă a straturilor ce acoperă conductoarele până la dezizolarea lor. Pentru a nu-şi pierde proprietăţile mecanice şi electroizolante, straturile se desfac de pe conductoare în trepte, de exemplu ca în figura 6.56, unde: c — reprezintă lungimea pe care conductoarele se dezizolează; *i* — lungimea izolaţiei conductoarelor; *a* — lungimea pe care se păstrează mantaua de plumb şi respectiv *PVC*; *k* — lungimea benzii metalice de protecţie; m_1 şi m_2 sunt două matisaje de sârmă ce se aplică pe mantaua din iută şi respectiv din *PVC*, pentru a nu permite dezizolarea cablului în continuare de la sine. Îndepărtarea acestor straturi se face cu cuţitul pentru cablu şi ferăstrăul de mână pentru metal.

Distanţele *c, i, a* şi *k* sunt variabile în funcţie de mărimea cablului. Toată această porţiune de la capăt se protejează astfel:

— la cablurile de secţiune mică (sub 50 mm^2) este suficient să se aplice mai multe straturi din bancă izolatoare puternic adezivă;

— la cablurile de dimensiuni mari (peste 50 mm^2) se prevăd cutii terminale. Atunci când se execută îmbinarea a două cabluri (indiferent de secţiune) capetele se protejează în manşoane de izolare şi protecţie.

2. MONTAREA TABLOURILOR ELECTRICE

Tablourile electrice se montează în locuri prevăzute în proiect.

• **Tablourile pe placă de marmură** se fixează cu console pe perete (fig. 6.57). În zidurile din cărămidă consolele se montează direct în zid (fig. 6.57, *a*), iar în zidurile de beton sunt fixate prin bolţuri împuşcate (fig. 6.57, *b*), sau dibluri din material plastic. Placa de marmură se prinde de console cu şuruburi cu piuliţă. Tuburile de protecţie pentru coloană şi circuite se vor monta îngropat şi vor permite accesul în spatele tabloului.

• **Tablourile pe stelaj metalic.** Dacă stelajul metalic este montat în nişă, acesta se prinde de peretele de fund al nişei în console ca în figura 6.57. În cazul tablourilor mari, care sunt mai grele, stelajul este fixat la bază cu console sub formă de picioare (fig. 6.58). Nişa de prevede cu o ramă din oţel cornier şi uşă din tablă. Uşa se prinde de ramă prin balamale.

Când stelajul metalic este introdus într-o cutie metalică, cutia se prinde de elementele de construcţie cu bolţuri împuşcate sau cu dibluri. În halele industriale, de multe ori, cutia tabloului electric este fixată pe un stelaj din

---

* Astfel de console scurte se numesc *praznuri*.

Scanned with OKEN Scanner

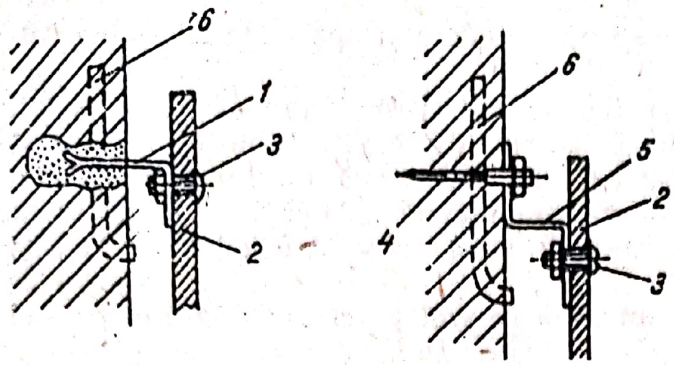


Fig. 6.57. **Fixarea tablourilor de marmură:**
a — pe cărămidă; *b* — pe beton;
1 — consolă (prazn); *2* — placă de marmură; *3* — şurub cu piuliţă pentru fixare; *4* — bolţ împuşcat; *5* — consolă; *6* — tub de protecţie pentru circuitele electrice către receptoare.

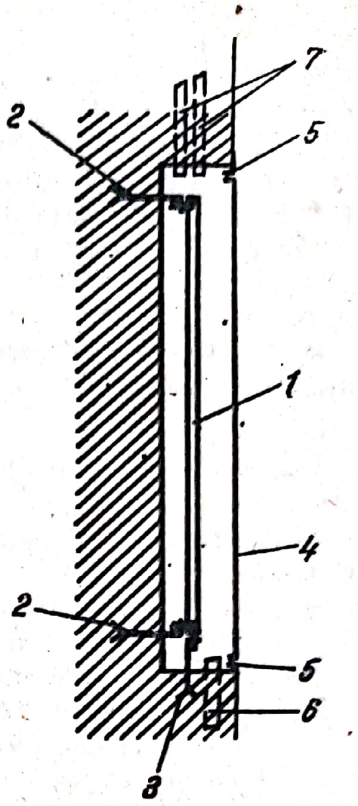


Fig. 6.58. **Fixarea tabloului pe stelaj metalic la nişă:**
1 — stelaj metalic; *2* — console; *3* — picior; *4* — uşă; *5* — ramă; *6* — tub de protecţie pentru coloana electrică; *7* — tuburi de protecţie pentru circuitele căte receptoare.

oţel cornier prins în pardoseală (fig. 6.59). Tuburile de protecţie vor traversa cutia prin presetupe metalice sau din material plastic. Dacă stelajul metalic este montat aparent, el este fixat ca în figura 6.59, cu deosebirea că picioarele *2* din oţel cornier se prind direct pe stelajul metalic. În cazul în care tabloul este de tip panou, picioarele de fixare fac parte integrantă din stelajul tabloului.

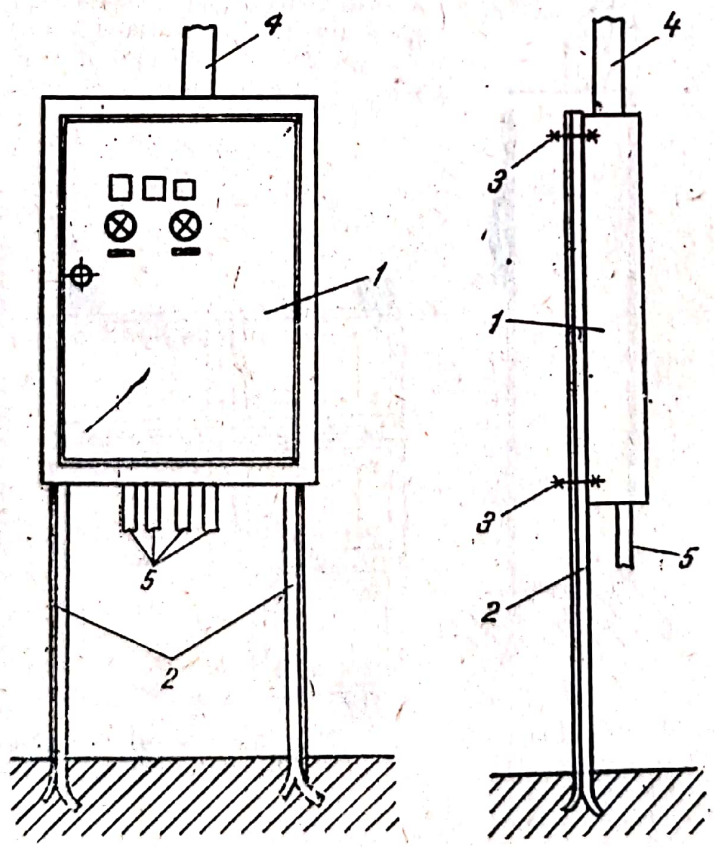


Fig. 6.59. **Montarea tabloului electric tip cutie metalică pe pardoseală:**
1 — tablou electric (cutie); *2* — picioare din oţel cornier; *3* — şuruburi de fixare; *4* — tub de protecţie pentru coloana tabloului; *5* — tuburi de protecţie pentru circuitele electrice către receptoare.

Scanned with OKEN Scanner

Ele se numesc *montanţi* şi de ele se pot prinde atât aparatele tabloului, cât şi panoul de protecţie.

Tablourile electrice tip dulap (cu stelajul introdus într-un dulap metalic) se aşază direct pe pardoseală, lângă perete (fig. 6.60). Tuburile de protecţie (sau cablurile) se introduc în tablou fie din pardoseală, fie direct de pe perete pe la partea superioară. Legătura dintre tubul de protecţie şi dulap se face prin presetupă. Aceasta are atât rolul de fixare cât şi de asigurare a unei mai bune etanşeităţi faţă de mediu.

• **Tablourile capsulate** se montează în acelaşi fel ca tablourile pe stelaj metalic în cutie (fig. 6.61).

3. MONTAREA RECEPTOARELOR ELECTRICE

Principalele receptoare sunt *corpurile de iluminat* şi *motoarele electrice.* Celelalte receptoare (de exemplu: cuptoare etc.) se montează conform prescripţiilor fabricilor constructoare.

• **Montarea corpurilor de iluminat** constă în fixarea tălpii corpului de iluminat, executarea conexiunilor în dulie şi asamblarea corpurilor de iluminat.

Fixarea corpurilor de iluminat se face pe:

— *elemente de construcţii orizontale:* plafon, grinzi sau alte structuri;

— *elementele de construcţii verticale:* pereţi, stâlpi etc.

Corpurile de iluminat se pot monta *îngropat* în elementele de construcţie amintite sau *aparent* pe acestea.

Montajul îngropat este pretenţios din punctul de vedere al execuţiei şi nu oferă accesul uşor la elementele corpului de iluminat. Acest montaj permite

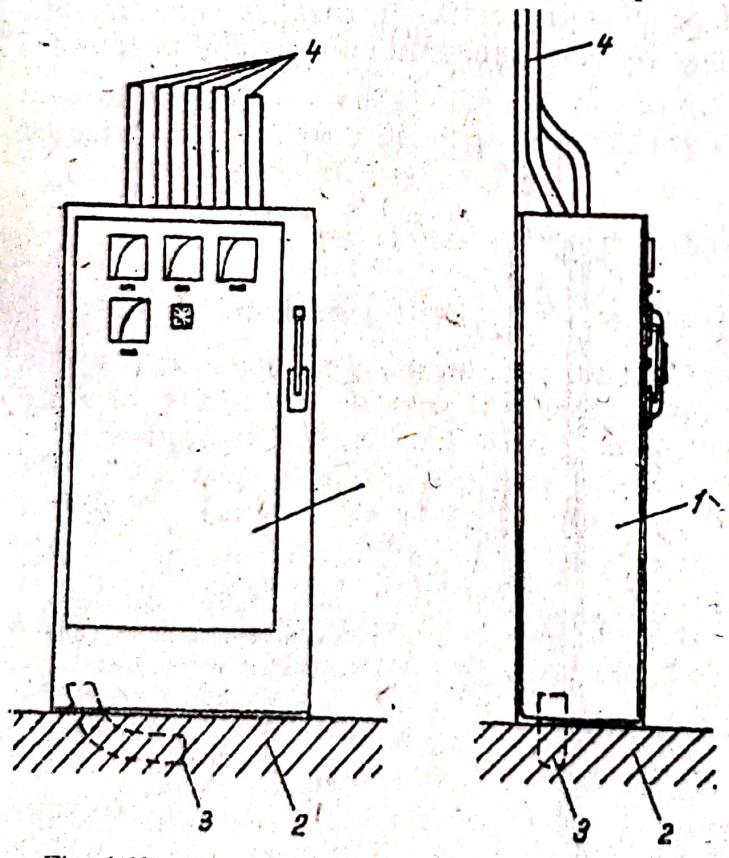


Fig. 6.60. **Montarea tabloului electric tip dulap:**
1 — tablou electric tip dulap; *2* — pardoseală;
3 — tub de protecţie pentru coloană (sau cablu);
4 — tuburi de protecţie pentru coloane şi circuite.

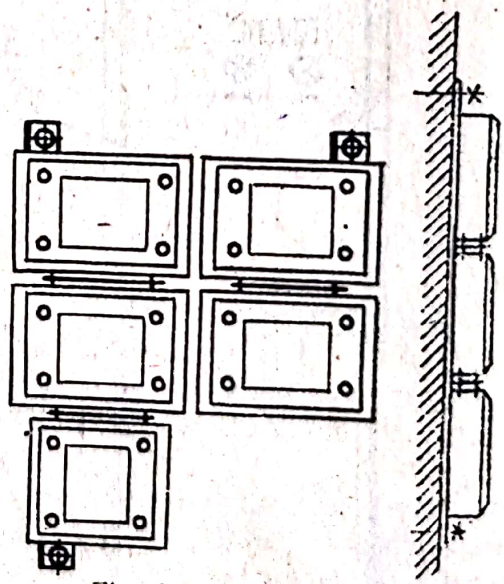


Fig. 6.61. **Montarea tabloului electric capsulat pe perete.**

Scanned with OKEN Scanner

însă realizarea unui finisaj mult mai bun al elementelor de construcţii şi o mărire a gradului de confort. El se adoptă numai la construcţii social-administrative de mare importanţă, cu caracter de unicat (teatre, săli de concert, muzee, săli pentru expoziţii etc.).

Montajul aparent este cel mai des utilizat datorită accesului uşor la toate părţile corpului de iluminat, ceea ce permite curăţirea, schimbarea lămpii din corp, efectuarea reparaţiilor.

— *În cazul montării corpurilor de iluminat de plafon* (sau grinzi) acestea se pot fixa *direct* (fig. 6.62, 6.63 şi 6.64) sau *suspendat* (fig. 6.65). Când corpul este cu incandescenţă şi se fixează direct pe plafon sau grindă din beton armat, talpa corpului de iluminat se prinde cu şurub într-un diblu de lemn, cu bolţuri împuşcate sau cu dibluri din material plastic. Se execută conexiunile electrice

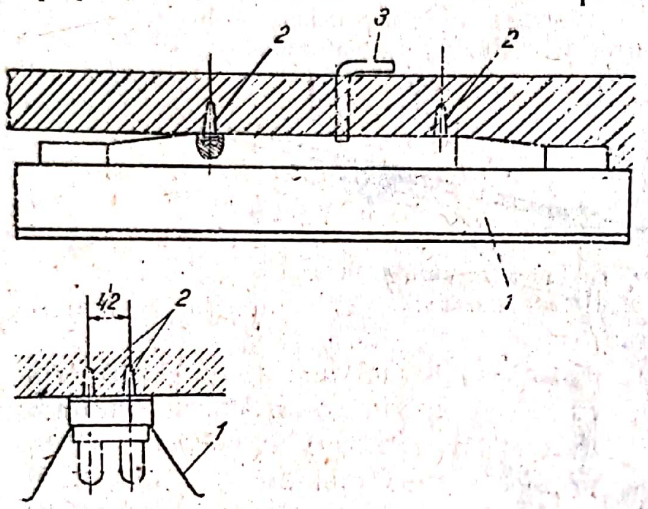


Fig. 6.62. **Montarea corpului de iluminat fluorescent tip *FIRA* pe plafon de beton armat:**
1 — corpul de iluminat; *2* — dibluri de prindere; *3* — tub de protecţie pentru conductele electrice.

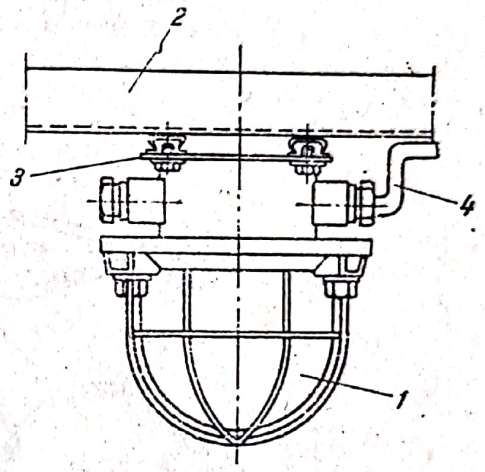


Fig. 6.64. **Montarea corpului de iluminat cu incandescenţă etanş pe o grindă metalică:**
1 — corpul de iluminat; *2* — grindă metalică; *3* — piese de fixare; *4* — tub de protecţie (cablu).

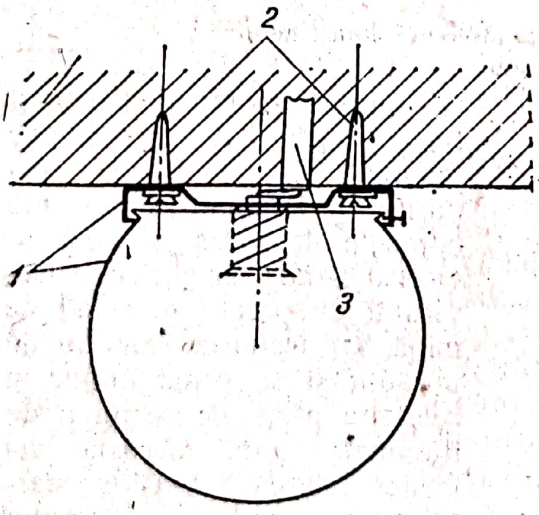


Fig. 6.63. **Montarea corpului de iluminat cu incandescenţă (plafonieră metalică) pe plafon de beton armat:**
1 — corpul de iluminat; *2* — dibluri de prindere; *3* — tub de protecţie pentru conductele electrice.

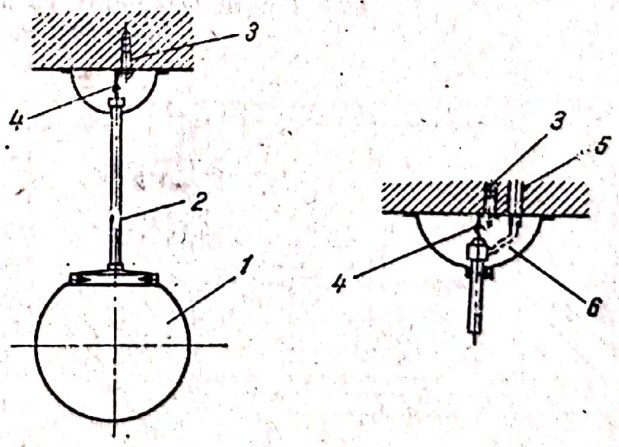


Fig. 6.65. **Corpul de iluminat cu incandescenţă (pendul cu glob opal) montat suspendat:**
1 — corpul de iluminat; *2* — tija de suspendare cu cârlig; *3* — diblu; *4* — colţar drept; *5* — tub de protecţie; *6* — conducte electrice.

Scanned with OKEN Scanner

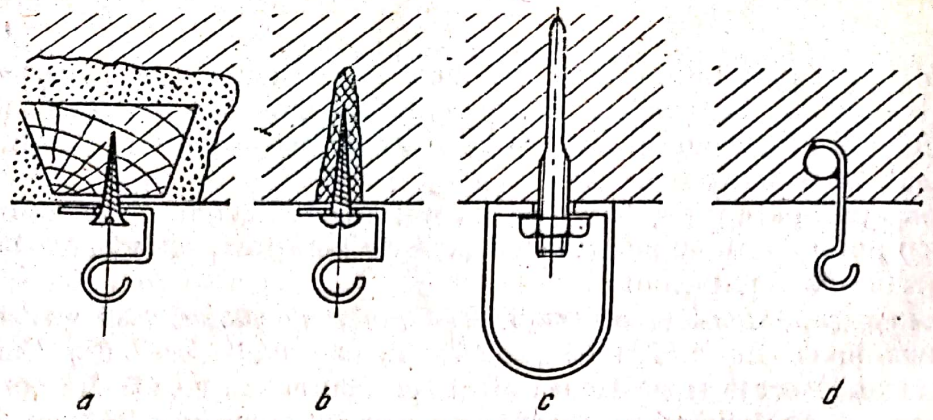


Fig. 6.66. **Fixarea cârligelor de prindere a corpurilor de iluminat suspendate în plafon:**
a — în diblu de lemn; *b* — în diblu de material plastic; *c* — în bolţ împuşcat; *d* — prin sudare de armătura plafonului.

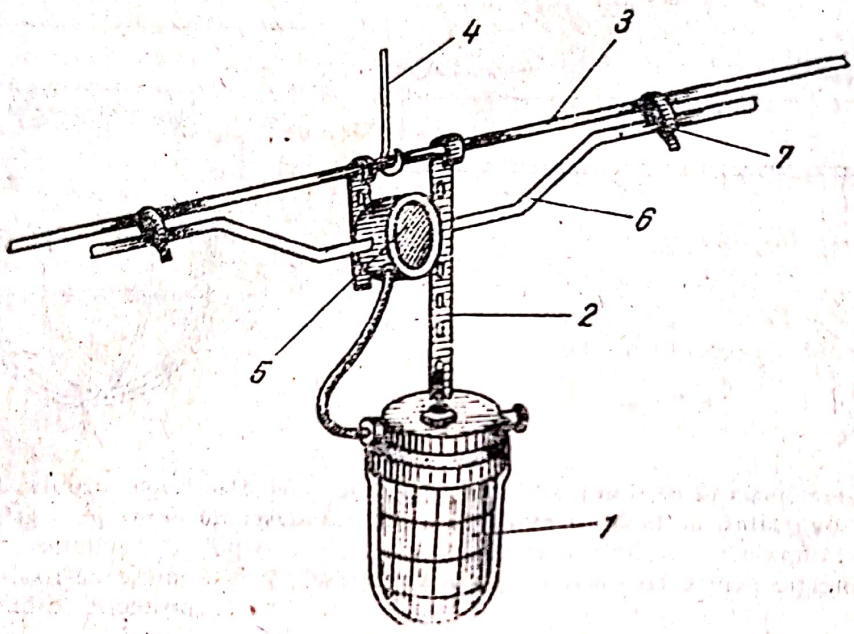


Fig. 6.67. **Corpul de iluminat cu incandescenţă etanş, montat suspendat pe cablu.**

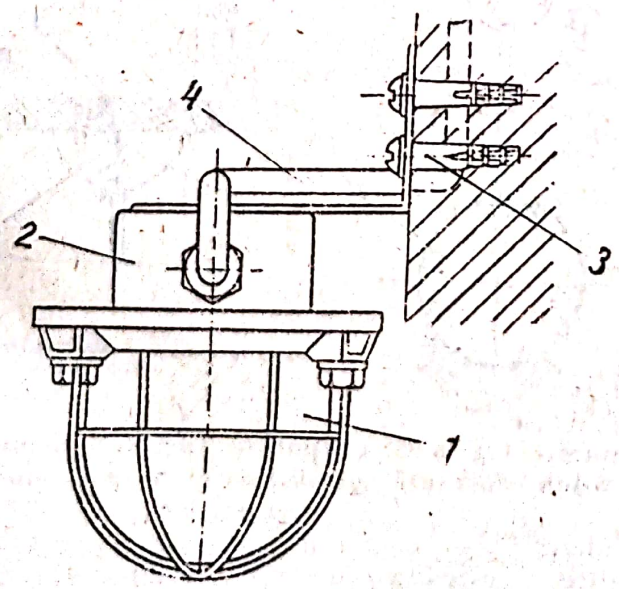


Fig. 6.68. **Montarea unui corp de iluminat cu incandescenţă pe perete, cu suport fix.**

în dulie, se montează lampa şi celelalte părţi ale corpului de iluminat. La montarea corpurilor de iluminat fluorescente bobinele de balast şi condensatorul pentru ameliorarea factorului de putere se prind de talpă, se efectuează conexiunile în dulii şi se prind duliile şi celelalte părţi ale corpului de iluminat. După aceasta urmează fixarea tuburilor, starterelor şi, eventual, a grătarului sau dispersorului.

Corpurile de iluminat suspendate sunt prevăzute cu o tijă cu cârlig agăţată de un alt cârlig prins în plafon (fig. 6.65). Tija

Scanned with OKEN Scanner

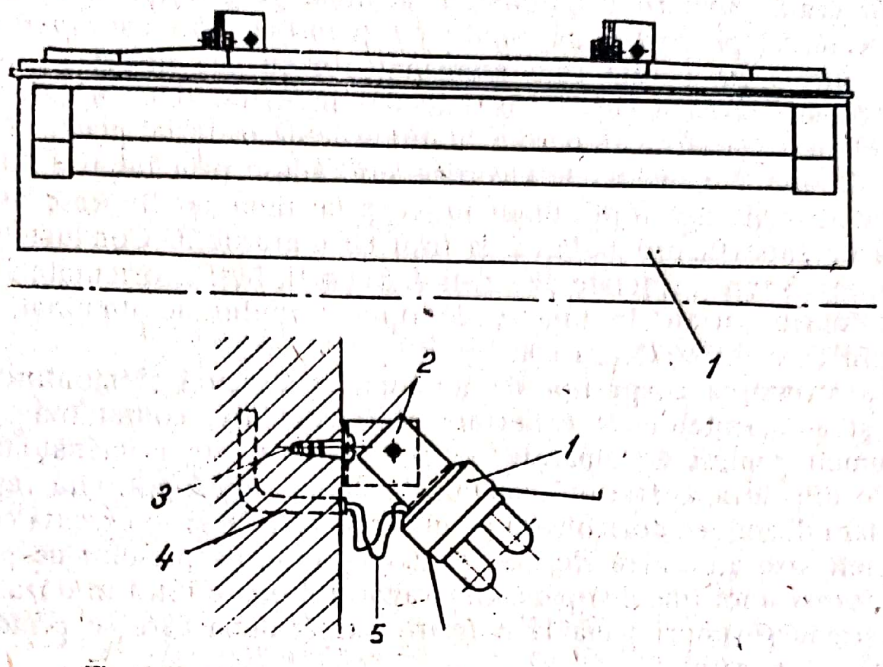


Fig. 6.69. **Montarea unui corp de iluminat fluorescent pe perete, cu suport orientabil.**

are rolul de a susţine corpul de iluminat la înălţimea dorită şi de a proteja conductele electrice. Ea poate fi înlocuită cu un lanţ sau cablu de susţinere. În aceste situaţii conductele electrice se înlocuiesc cu cablu (sau cordon) care se prinde din loc în loc de elementul de susţinere.

Cârligul de agăţare se fixează în plafon într-un diblu, într-un bolţ împuşcat sau poate fi sudat de armătură (înainte de turnarea betonului), figura 6.66.

Atunci când distanţa dintre cota plafonului şi cea de montare a corpurilor de iluminat este mare, acestea se fixează fie pe stelaje metalice orizontale, fie pe cabluri (tendoane) de oţel. Stelajele şi cablurile se prind de elementele de construcţii verticale sau chiar de plafon prin tiranţi. În figura 6.67 este reprezentată fixarea unui corp de iluminat etanş *1*, de tendonul *3* cu ajutorul tijei *2*. Tendonul este susţinut de plafon cu tirantul *4*. Alimentarea se realizează prin cablul *6* prins de tendon cu colierele *7*. Tot prin tendon se fixează şi doza de ramificaţie *5* la care se leagă corpul de iluminat.

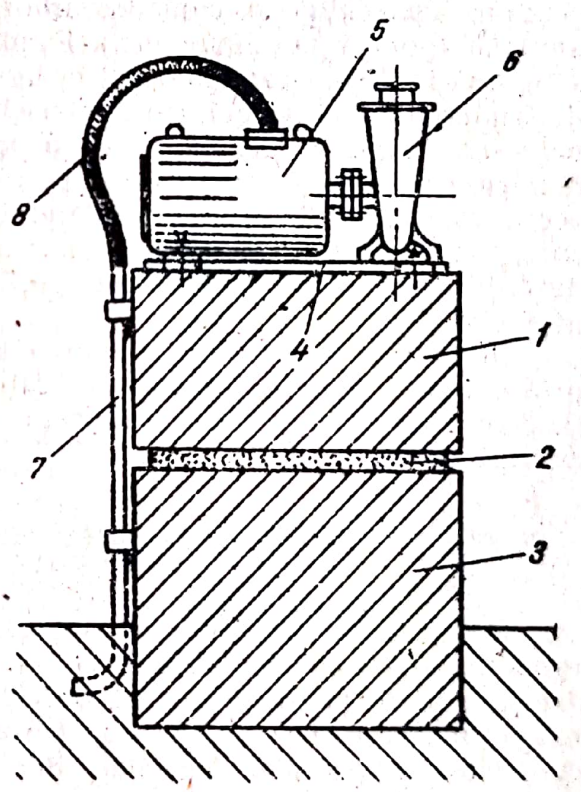


Fig. 6.70. **Montarea unui motor pe fundaţie:** *1* — primul strat de beton al fundaţiei; *2* — strat de amortizare (cauciuc, plută, pâslă); *3* — al doilea strat de beton al fundaţiei; *4* — şasiu; *5* — motor electric; *6* — pompă; *7* — tub de protecţie fix; *8* — tub de protecţie flexibil; *9* — cutie de borne.

Scanned with OKEN Scanner

— *În cazul montării corpurilor de iluminat pe pereţi*, fixarea acestora se poate face *direct pe perete*, cu *suport fix* (consolă) sau cu *suport orientabil*. Montarea direct pe perete este asemănătoare cu cea direct pe plafon. Un exemplu de montare cu suport fix este dat în figura 6.68 în care corpul de iluminat etanş *1* este fixat în perete cu diblurile de material plastic *3* şi consola din tablă de oţel *2*. Conductele electrice sunt aduse prin tubul de protecţie *4*.

În figura 6.69 este reprezentat un corp de iluminat fluorescent 1 montat pe perete cu suporţii orientabili *2* şi fixat cu diblurile *3*. Conductele electrice de alimentare *5* sunt protejate de tubul *4*. Suporţii ficşi şi orientabili se execută în forme foarte variate în funcţie de tipul corpului de iluminat, destinaţia încăperii în care se montează etc.

După montarea corpurilor de iluminat se execută şi montarea prizelor electrice şi a aparatelor de conectare (întreruptoare, comutatoare). Acestea poartă numele generic de „aparate" şi montarea lor este asemănătoare. Se scot conductele din doza aparatului, se taie la dimensiunea potrivită (aproximativ 5 cm în afara dozei), se dezizolează pe distanţa de 1 cm şi se execută conexiunile în contactele fixe ale aparatelor. Se slăbesc şuruburile pieselor de prindere în doză (de forma unor gheare) până când aparatul poate intra în doză. Se strâng din nou aceste şuruburi până la o fixare fermă, după care se prinde capacul de ebonită al aparatului.

• **Montarea motoarelor electrice** constă în general în turnarea fundaţiei (soclului), fixarea şasiului în fundaţie, prinderea motorului de console cu şuruburi cu piuliţă şi cuplarea arborelui motorului cu arborele utilajului antrenat (pompă, ventilator etc.). Fundaţia motorului se execută din beton şi se toarnă în două straturi (*1* şi *3* în fig. 6.70), între ele fiind prevăzut un strat din material moale (plută, cauciuc, pâslă). Acest strat intermediar amortizează vibraţiile grupului, pentru a nu fi transmise construcţiei. Pe fundaţie se montează un şasiu *4* (tip glisieră) pe care apoi se fixează motorul *5*. După ce acesta este cuplat la arborele utilajului *6*, pe care urmează să-l antreneze, se strâng şuruburile de fixare în şasiu. Conductele electrice sunt aduse la placa de borne prin tubul de protecţie fix *7*, şi pe ultima porţiune, prin tubul de protecţie flexibil *8*.

În timpul montării motorului o atenţie deosebită trebuie să se acorde orizontalităţii şasiului. Aceasta se realizează prin baterea unor pene de oţel (nedeformabile) între şasiu şi fundaţie şi prin verificări permanente cu nivela cu bulă de aer.

4. MONTAREA PRIZEI DE PĂMÂNT ŞI A REŢELEI GENERALE DE LEGARE LA PĂMÂNT

Receptoarele electrice sunt, în cea mai mare parte, executate cu carcase metalice. Dacă conducta de fază, care asigură alimentarea receptorului, se desface din şurubul de prindere sau se dezizolează într-un alt punct şi atinge carcasa receptorului, aceasta este pusă sub tensiune (220 V). Această stare nu produce deteriorări receptorului dar poate provoca accidente grave, mergând până la electrocutare, dacă omul atinge o astfel de carcasă pusă *accidental sub tensiune*.

Pentru a se evita astfel de accidente se folosesc mai multe metode de protecţie, dintre care cele mai importante sunt :

— **metode de legare la nulul de protecţie,** utilizate când punctul neutru al reţelei electrice este legat la pământ. Nulul de protecţie este o conductă de

---

* Vezi capitolul 8.

Scanned with OKEN Scanner

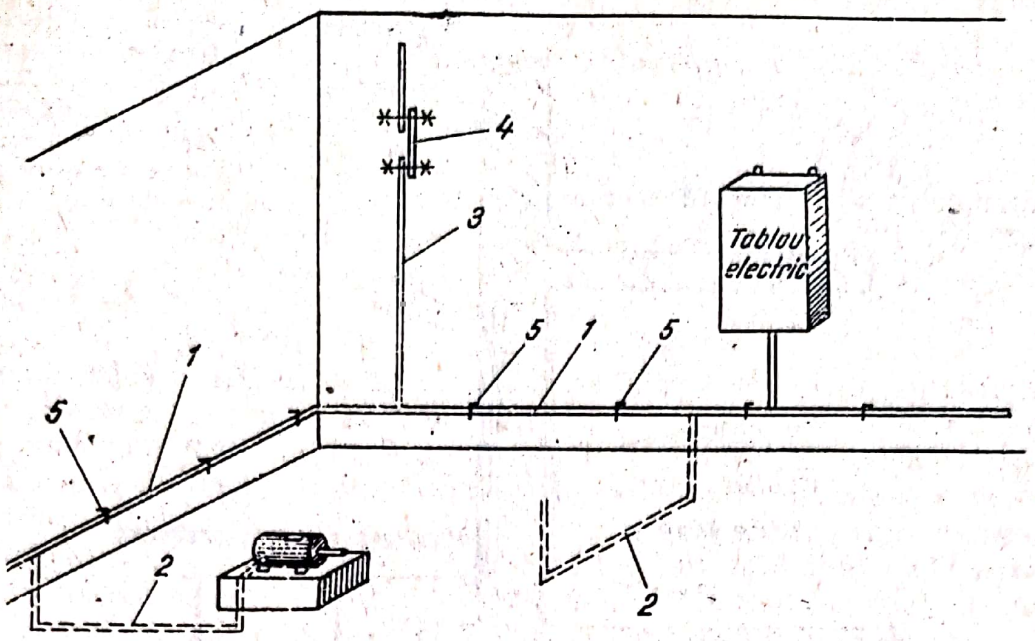


Fig. 6.71. **Schemă privind modul de legare la pământ:**
1 — reţea generală de legare la pământ (OL—Zn 25×4 mm^2); *2* — ramificaţie (OL—Zn 20×3 mm^2); *3* — legătură către priza de pământ; *4* — piesă de separaţie; *5* — brăţară de fixare.

cupru ce se formează la cofret sau la tabloul general din nulul comun, care se leagă la pământ (v. fig. 6.71). La nulul de protecţie se leagă toate părţile metalice ce ar putea ajunge în mod accidental sub tensiune;

— **metoda de legare la pământ,** utilizată când punctul neutru al reţelei electrice este izolat faţă de pământ. În acest caz toate părţile metalice ce ar putea ajunge în mod accidental sub tensiune se leagă la pământ. Legătura se face prin intermediul unei *reţele generale de legare la pământ.*

Această reţea este executată aparent din bandă de OL-Zn de 25×4 mm^2 pe un contur închis sau deschis (fig. 6.71). Ea are două sau mai multe legături la pământ. Legăturile de la părţile metalice la reţeaua generală de legare la pământ se numesc *ramificaţii* şi se execută tot aparent, dar din bandă de OL-Zn de 20×3 mm^2.

Prin *legare la pământ* se înţelege, de fapt, legătura la o *priză de pământ.* Priza de pământ (fig. 6.72) este formată *din mai mulţi electrozi 1* (ţevi din OL-Zn de 2′/2″ în şi 3 m lungime) aşezaţi *vertical în sol,* la adâncimea de îngheţ (mai mare de 0,8 m) şi un electrod orizontal *2* (bandă de OL-Zn de 40×4 mm^2) de legătură. Priza poate forma un contur închis în jurul construcţiei sau unul deschis. Toate legăturile la priza de pământ se efectuează prin intermediul unei piese de separaţie montată pe faţada construcţiei (fig. 6.73) sau în interiorul acesteia (fig. 6.71).

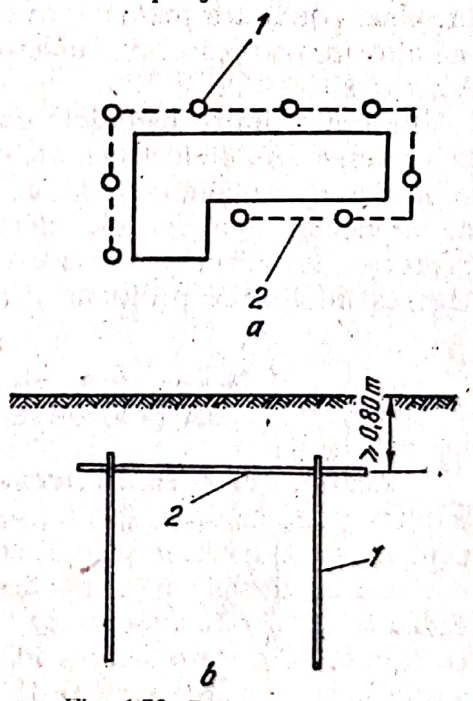


Fig. 6.72. **Priza de pământ:**
a — în plan; *b* — în secţiune în sol. *1* — electrozi verticali — ţevi din OL — Zn Ø2″—2′/2″/3″ m; *2* — electrod orizontal — bandă din OL—Zn 40×4 mm^2.

Scanned with OKEN Scanner

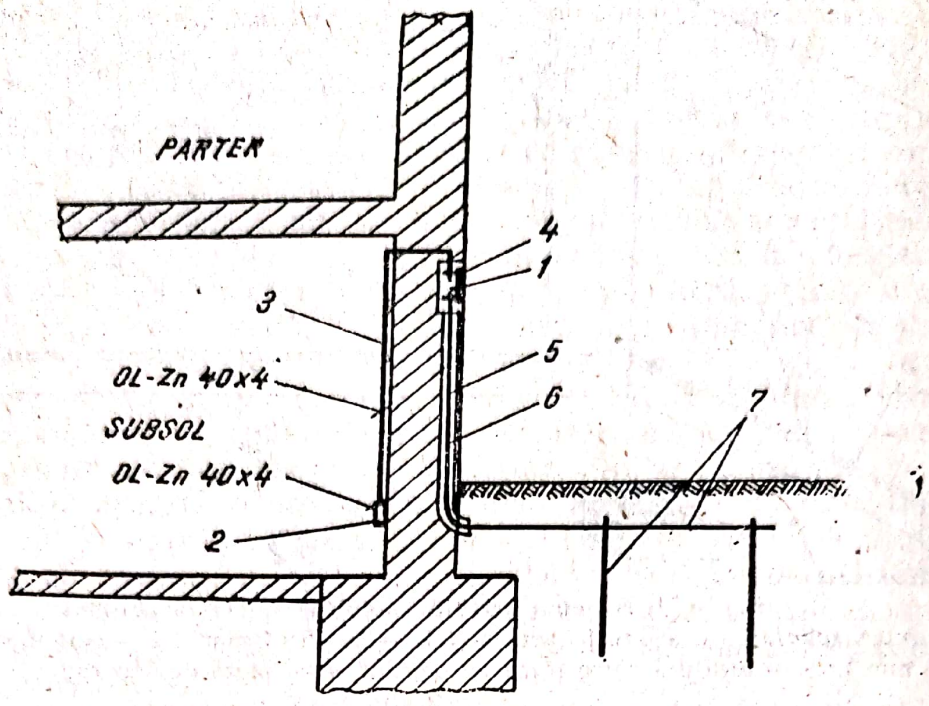


Fig. 6.73. **Montarea piesei de separaţie în nişă, pe faţada construcţiei:**
1 — nişă prevăzută cu ramă şi uşă cu cheie; *2* — reţeaua generală de legare la pământ; *3* — legătură spre piesa de separaţie; *4* — piesă de separaţie; *5* — legătură spre priza de pământ; *6* — ţeavă de protecţie; *7* — priza de pământ.

În ultimul timp, pentru economisirea oţelului se folosesc cu succes ca prize de pământ armăturile din beton armat ale fundaţiilor sau alte elemente metalice din sol care, parcurse de curent, nu au de suferit din punct de vedere funcţional.

Fiecare dintre metodele de protecţie de mai sus este suficientă pentru a evita pericolul de electrocutare. Cu toate acestea, pentru o siguranţă mai mare, se utilizează ambele metode, una ca metodă de bază (în funcţie de tipul reţelei de alimentare cu energie electrică) şi cealaltă ca metodă suplimentară de protecţie. Este necesar în acest caz ca priza de pământ să fie aceeaşi pentru legarea nulului de protecţie şi a reţelei generale de legare la pământ.

5. EXECUTAREA LEGĂTURILOR LA TABLOURILE ELECTRICE ŞI PRIZA DE PĂMÂNT

Aceste lucrări se efectuează după ce toate receptoarele electrice au fost montate. Executarea legăturilor electrice la tablouri constă în pregătirea capetelor conductelor şi apoi conectarea lor la şirul de cleme (v. fig. 3.42).

Cu conductele parcurse de curenţi până la 100 A se procedează astfel: se dezizolează conductoarele pe 1—1,5 cm, se curăţă de stratul de oxid, se cositoresc prin introducerea în cositor topit, se introduce pe conductă un tub varniş (de acelaşi diametru) de 1,5—2,5 cm, se execută conexiunea în cleme şi se împinge tubul varniş peste porţiunea de conductor dezizolat (fig. 6.74). Conexiunea în clemă se execută slăbindu-se şurubul de strângere a conductorului în contact, fixându-se conductorul (cositorit) în contact şi strângându-se la loc şurubul clemei. Pe eticheta clemei se notează cu creion chimic destinaţia legăturii ce s-a executat. Asemănător se procedează cu cablurile parcurse de

Scanned with OKEN Scanner

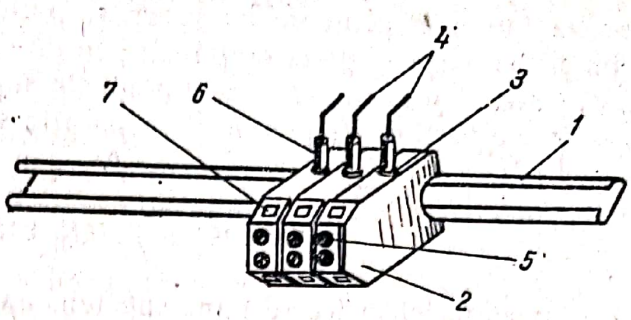


Fig. 6.74. **Şir de cleme cu legăturile efectuate:**
1 — şină suport; *2* — conector (clemă); *3* — locaşul contactului electric; *4* — conductă; *5* — şurub de fixare a conductorului; *6* — tub vaniş; 7 — etichetă.

curenţi până la 100 A, cu deosebirea că se îndepărtează straturile suplimentare de protecţie pe o lungime care să permită manevrarea uşoară a conductelor rezultate din cablu. În locul de ramificare a conductelor cablul se fasonează, aşa cum s-a arătat anterior. Conductele şi cablurile parcurse de curenţi mai mari de 100 A se prevăd la capete cu papuci de legătură. Fixarea papucilor se poate face la rece, prin presare, sau la cald, cu material ajutător în stare topită.

Fixarea papucilor la rece se poate face atât la conductoarele de cupru cât şi la cele de aluminiu. Pentru aceasta se utilizează un dispozitiv hidraulic, acţionat cu mâna, cu care se strânge conductorul între tecile papucului. Fixarea papucilor la cald (lipirea) se face în mod diferit la conductoarele cu cupru faţă de cele de aluminiu. Conductorul de cupru după ce a fost dezizolat se curăţă de oxid cu o lamă ascuţită. Apoi se introduce în pasta pentru decapare.

Suprafaţa interioară a papucului se curăţă cu o pilă rotundă după care se unge cu pastă de lipit. Se introduce conductorul în papuc şi se fixează un şnur de azbest la capătul către izolaţia conductei. Urmează o preîncălzire a papucului (cu lampa cu benzină) după care se toarnă aliajul de lipit (65% staniu, 35% zinc). După răcire şnurul de azbest se scoate, iar porţiunea respectivă se izolează cu bandă în câteva straturi.

Conductorul de aluminiu, înainte de a se introduce în papuc pentru lipire, se metalizează. Conductorul masiv se curăţă cu peria de sârmă, se înlătură pilitura cu o pensulă, se încălzeşte până la 300°C şi se acoperă toată suprafaţa cu material de lipire. Dacă conductorul este multifilar, operaţia se execută pentru fiecare fir în parte (fig. 6.75). Numai după aceea se trece la lipirea propriu-zisă, care decurge la fel ca pentru conductoarele de cupru.

După ce s-au efectuat legăturile la toate tablourile electrice se trece la executarea legăturilor la pământ. Se verifică dacă receptoarele sunt corect legate la nulul de protecţie. Se execută apoi legăturile la reţeaua generală de legare la pământ. Aceste legături se execută aparent pe elementele de construcţii cu platbandă de 20×3 mm^2 din oţel zincat. Fixarea se face cu brăţări sau pe console ca în cazul tuburilor de protecţie. Legătura la reţeaua generală de legare la pământ (o platbandă din oţel zincat de 25×4 mm^2) se face prin

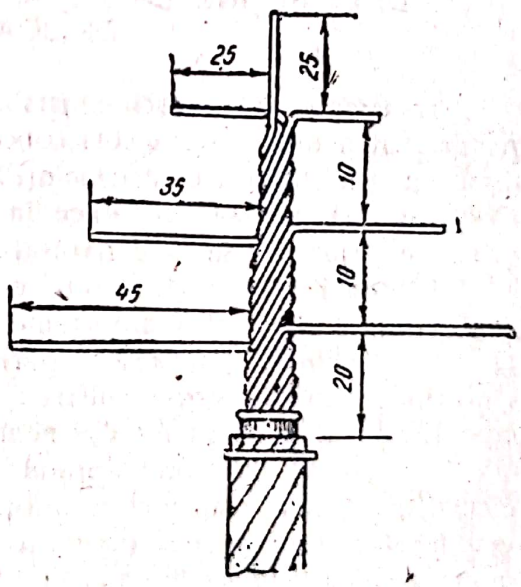


Fig. 6.75. **Conductă multifilară din aluminiu cu secţiunea de 120 mm^2, desfăcută pentru metalizare.**

Scanned with OKEN Scanner

sudare sau prin prindere cu şurub şi piuliţă. Reţeaua generală de legare la pământ se leagă la priza de pământ în două sau mai multe puncte. Pe fiecare dintre aceste legături se află o piesă de separaţie montată ca în figurile 6.71 şi 6.73. Se verifică ca piesele de separaţie să nu fie desfăcute.

6. PUNEREA SUB TENSIUNE A INSTALAŢIEI

Instalaţia electrică se pune sub tensiune în condiţiile în care legăturile în doze sunt provizorii. După punerea sub tensiune se verifică comportarea instalaţiei prin aducerea în stare de funcţionare pe rând a tuturor receptoarelor. Dacă se constată că există conexiuni incorecte, porţiunea defectă din instalaţie se scoate de sub tensiune şi se remediază. La punerea sub tensiune se mai verifică cu multă atenţie:

— dacă tablourile electrice sunt corect echipate, bine fixate, legate la nulul de protecţie (sau la pământ), dacă sunt prevăzute cu cheie de închidere;

— dacă s-au utilizat materialele prevăzute în proiect;

— dacă receptoarele electrice, prizele, întreruptoarele au poziţiile prevăzute şi sunt bine fixate. După ce s-a constatat că toate receptoarele funcţionează normal, se scoate întreaga instalaţie de sub tensiune şi se trece la definitivarea legăturilor în doze: se cositoresc, se izolează şi se introduc în doză, iar aceasta se acoperă cu capacul. După încheierea lucrărilor de finisaje pentru elementele de construcţii se execută vopsitoria elementelor instalaţiei: tuburile de protecţie, carcasele motoarelor, şasiul acestora, reţeaua de legare la pământ etc.

Instalaţia se repune sub tensiune numai la recepţia provizorie a ei. Pentru aceasta se vor lua măsuri de a nu se permite accesul la tabloul general al instalaţiei.

D. ÎNTREŢINEREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE INTERIOARE DE JOASĂ TENSIUNE

În timpul exploatării, instalaţiile electrice trebuie să funcţioneze la parametrii pentru care au fost concepute şi construite. Aceasta nu este posibil decât în condiţiile în care instalaţiile electrice sunt sub un permanent control. Controlul este necesar, deoarece, în timp, părţile componente ale unei instalaţii electrice se uzează în mod natural.

Totodată instalaţiile electrice mai pot fi supuse accidental la solicitări suplimentare. Cele mai importante dintre acestea sunt cele:

— *mecanice,* datorită specificului procesului tehnologic, datorită vibraţiilor elementelor de construcţie în care acestea sunt înglobate sau pe care sunt fixate, datorită loviri din neatenţie etc.;

— *termice,* datorită supraîncărcării la care pot fi supuse receptoarele electrice. Aceasta se poate datora nerespectării condiţiilor de utilizare a instalaţiilor tehnologice deservite de instalaţiile electrice, efectuării unor manevre incorecte, neglijenţei etc.

În urma uzurii naturale şi a solicitărilor suplimentare în instalaţiile electrice apar defecte. Principalele tipuri de defecte care pot apărea sunt date în cele ce urmează.

Scanned with OKEN Scanner

1. ÎNTRERUPEREA CIRCUITULUI ELECTRIC

Dacă se constată că nu există tensiune la barele tabloului electric, cauzele pot fi:

— **topirea siguranței fuzibile** datorită unui scurtcircuit (la lumină și prize este posibilă și o suprasarcină). Patronul siguranței se înlocuiește numai după ce este înlăturată cauza care a provocat topirea. Pentru aceasta, se urmărește traseul circuitului electric, căutându-se locul unde s-a produs scurtcircuitul. Se reface legătura electrică, se schimbă siguranța fuzibilă și se repune sub tensiune. De cele mai multe ori, scurtcircuitul are loc chiar la bornele receptorului, datorită desprinderii uneia dintre legături;

— **slăbirea unei legături electrice,** executată fie prin lipire, fie prin strângere cu filet. În primul caz se reface lipitura (de regulă acestea se află în doze), iar în al doilea caz se strânge șurubul. Depistarea legăturii desfăcute se face din aproape în aproape, pornind de la tabloul electric către cuptor. Pentru aceasta se folosește detectorul de tensiune sau o lampă de control;

— **scoaterea din funcțiune a receptorului alimentat.** În acest caz se verifică rezistența receptorului cu ohmmetrul sau, dacă este posibil, se încearcă funcționarea lui la o altă sursă de tensiune. Dacă este defect receptorul, acesta se înlocuiește sau se repară, în funcție de defecțiunea pe care a suferit-o.

2 DEFECTUL DE IZOLAȚIE

Acest defect apare datorită îmbătrânirii izolației conductelor electrice. Cele mai expuse sunt conductele solicitate la variații mari de temperatură. Defectul de izolație nedepistat la timp conduce la întreruperea circuitului electric, datorită unui scurtcircuit, sau poate provoca electrocutarea (prin atingere directă sau indirectă). Izolația defectă se observă cu ochiul liber în timpul verificărilor zilnice sau prin măsurări ce se efectuează înainte de darea în funcțiune, după ce a avut loc o intervenție mai importantă la instalația electrică.

Porțiunea defectă se înlocuiește.

3. DEFECTUL ÎN TABLOUL ELECTRIC

Aceste defecte pot fi datorate unor multitudini de cauze, cum ar fi: supraîncălzări, scurtcircuite prelungite, lovituri mecanice, incendii etc. Cele mai frecvente defecte care pot apărea la un tablou electric sunt:

— **slăbirea unei legături electrice dintr-o clemă sau bornă de prindere.** În acest caz se strâng șuruburile;

— **deteriorarea clemelor de prindere.** Se înlocuiesc clemele respective și se refac legăturile electrice;

— **deteriorarea unor aparate electrice** (de comutare, de protecție, semnalizare etc.). Se identifică aparatele defecte, se desfac din tablou și se înlocuiesc cu altele noi (sau cu aceleași aparate, după ce au fost reparate) de același tip și dimensiune;

— **deteriorarea izolatoarelor de susținere a barelor tabloului electric** (pot fi sparte, rupte, smulse, slăbite etc.). Aceasta se întâmplă numai la tablourile generale mari (ale unor secții din întreprinderi, clădiri social-administrative cu putere instalată mare). Toate izolatoarele deteriorate se înlocuiesc.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru înlăturarea defectelor, tabloul electric se aduce în atelierul de specialitate. Fac excepţie numai dulapurile şi panourile electrice, cât şi tablourile electrice mari ce nu ar putea fi transportate.

4. DEFECTE LA CORPURILE DE ILUMINAT

Defectele pot fi:

— **arderea lămpii.** Se înlocuieşte cu o lampă nouă cu aceleaşi caracteristici. Aceasta este valabil atât la iluminatul incandescent (unde înlocuirea cu o lampă mai puternică ar duce la supraîncărcarea circuitului, iar cu o lampă mai puţin puternică ar provoca inconfort vizual), cât şi iluminatul fluorescent (unde modificarea culorii lămpii ar provoca de asemenea inconfort vizual). Schimbarea lămpii se va face fără demontarea corpului de pe poziţie;

— **deteriorarea starterului la corpurile de iluminat fluorescente.** Când acesta este defect, lampa nu se aprinde sau descărcarea nu este stabilă. Se înlocuieşte cu unul nou de aceeaşi putere, fără a demonta corpul de iluminat;

— **defectarea balastului** la corpurile de iluminat fluorescente. În timpul funcţionării lămpii se aude un zgomot supărător (ca un bâzâit), sau din corpul de iluminat se scurge o răşină sintetică. Balastul defect trebuie înlocuit cu unul nou de aceeaşi putere;

— **slăbirea legăturilor în borne sau în clemele de conexiuni.** Acestea se strâng sau se înlocuiesc dacă slăbirea se datoreşte deteriorării bornelor sau clemelor;

— **spargerea, fisurarea, străpungerea părţilor izolatoare.** Acestea se înlocuiesc, iar dacă nu este posibil se înlocuieşte întreg corpul de iluminat;

— la corpurile de iluminat pot să mai apară şi alte tipuri de defecte, cum ar fi **spargerea sistemului optic, murdărirea suprafeţelor reflectante, deteriorarea sistemului de prindere** etc. În aceste cazuri se intervine, înlăturând defectele pentru a nu afecta starea de confort vizual de la locul de muncă sau buna funcţionare din punct de vedere electric a corpului de iluminat.

5. DEFECTE LA PRIZE

• Principalele **cauze** care provoacă defecte la prizele monofazice sunt:

— **supraîncărcarea** prin racordarea la acestea a unor receptoare de peste 2 000 W. Curentul mare care trece prin priză degajă o cantitate de căldură mai mare decât cea care poate fi evacuată de către elementele componente ale prizei. De aceea, o parte din căldura dezvoltată se acumulează în aceste elemente, ducând la deteriorarea lor (deformarea sau topirea părţilor izolatoare plastice);

— **solicitarea mecanică repetată** datorită introducerii şi scoaterii fişelor din priză. Această solicitare afectează stabilitatea prizei în doză, care în timp duce şi la solicitarea mecanică a conductelor de alimentare, favorizând scurtcircuitul.

• Aceste solicitări duc la apariţia următoarelor defecte:

— **distrugerea parţială sau totală a prizei** (topire, ardere). Priza se înlocuieşte, iar pe perete, deasupra acesteia, se înscrie puterea maximă la care poate fi utilizată priza;

— **lipsa de stabilitate a prizei în doză.** Se strâng şuruburile ghearelor de fixare a prizei în doză. Totodată se strâng şi şuruburile de la borne.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizarea foarte diversă a acestor tipuri de receptoare face ca atât regimurile de funcţionare cât şi solicitările suplimentare la care pot fi supuse să fie deosebit de variate.

Repararea motoarelor electrice se face numai în atelierele de instalaţii electrice. Fac excepţie motoarele foarte mari care ridică probleme de transport. La acestea, demontarea, remontarea, înlocuirea lagărelor, impregnarea, uscarea, echilibrarea se fac pe poziţia de montaj a motorului. Bobinarea sau repararea bobinajului se execută în atelier (v. cap. 5 şi tabelul 5.2).

E. NORME DE PROTECŢIE A MUNCII

În ţara noastră sunt elaborate *Normele republicane de protecţie a muncii* care cuprind cadrul general de tehnică a securităţii muncii şi normele de igienă a muncii. Acestea sunt obligatorii pentru toate ministerele, organele centrale ale administraţiei de stat, cooperatiste şi obşteşti. Sub îndrumarea Ministerului Muncii fiecare din aceste departamente au elaborat *Norme departamentale de protecţie a muncii,* obligatorii pentru toate organizaţiile ce le au în subordine.

● Personalul care lucrează la instalaţiile electrice sub tensiune va folosi totdeauna **mijloacele individuale de protecţie împotriva electrocutării şi acţiunii arcului electric.** Acestea sunt:

— **mijloace de protecţie izolante,** care au drept scop protejarea omului prin izolarea acestuia faţă de elementele aflate sub tensiune sau faţă de pământ. Cele mai importante mijloace de acest fel sunt: cleşti şi prăjini electroizolante (pentru a manipula siguranţele şi separatoarele din instalaţiile electrice exterioare), scule cu mânere electroizolante, mănuşi, cizme, galoşi, covoare, preşuri şi platforme electroizolante;

— **indicatoare mobile de tensiune,** pentru a verifica prezenţa sau lipsa tensiunii;

— **garnituri mobile de scurtcircuitare şi legare la pământ** pentru protecţie împotriva apariţiei tensiunii la locul de muncă (datorită conectărilor greşite, tensiunilor induse sau descărcărilor capacitive);

— **panouri, paravane, împrejmuiri şi semnalizări sau indicatoare mobile,** folosite pentru a delimita zonele protejate şi zonele de lucru;

— **plăci avertizoare** care au rol:

— de avertizare a pericolului pe care îl prezintă apropierea de elementele aflate sub tensiune;

— de interzicere a unor acţiuni care ar putea duce la accidente;

— de siguranţă, prin care se aduce la cunoştinţă personalului executant că au fost luate unele măsuri înainte de începerea lucrului şi că se pot executa anumite manevre şi lucrări (cum ar fi *„Scos de sub tensiune", „Lucraţi aici!", „Urcaţi pe aici!", „Legat la pământ"* etc.);

— de informare cu privire la unele puncte de lucru (cum ar fi: *„Folosiţi mănuşile de protecţie", „Lucraţi numai cu cască de protecţie", „Folosiţi centura de siguranţă"* etc.).

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea, la locurile de muncă pentru diferitele lucrări în instalaţiile electrice se vor afişa instrucţiuni de protecţie a muncii, de acordarea primului ajutor în caz de electrocutare şi de prevenire şi stingere a incendiilor.

● Pentru **scoaterea accidentatului de sub tensiune** este necesar să se cunoască următoarele:

— atingerea cu mâna a unui conductor aflat sub tensiune provoacă în majoritatea cazurilor o contractare convulsivă a muşchilor, în urma căreia degetele se strâng atât de tare, încât mâinile nu pot fi desprinse de pe conductor;

— cel care intervine nu trebuie să vină în contact direct cu accidentatul aflat sub tensiune;

— prima măsură care se întreprinde este scoaterea rapidă de sub tensiune a părţii din instalaţie cu care accidentatul a venit în contact. Este necesar ca scoaterea de sub tensiune să fie completată de măsuri ca:

— asigurarea securităţii accidentatului dacă acesta se află la înălţime;

— asigurarea unui iluminat corespunzător în locul unde s-a produs accidentul, utilizând o altă sursă de energie;

— dacă deconectarea nu se poate realiza rapid, se îndepărtează accidentatul de părţile aflate sub tensiune, întrebuinţând materiale izolante bine uscate (o haină, un par, o funie, o scândură etc.). Este interzisă utilizarea unor elemente metalice sau a unor materiale umede. De aceea se interzice tragerea de picioare sau de haine dacă acestea nu sunt bine uscate;

— pentru tragerea accidentatului se pot utiliza mănuşi din cauciuc electroizolant şi galoşi din acelaşi material;

— accidentatul se va plasa pe un material rău conducător (o pânză uscată, o grămadă de haine uscate, o scândură etc.);

— pe cât posibil se recomandă a se acţiona cu o singură mână;

— la nevoie conductorul sub tensiune se poate tăia cu un topor cu coada din lemn uscat. Pentru mai multă siguranţă, operatorul se echipează cu galoşi şi mănuşi din cauciuc;

— dacă accidentatul nu şi-a pierdut cunoştinţa, dar a stat un timp îndelungat sub curent, trebuie să i se asigure o linişte perfectă până la venirea medicului şi apoi 2—3 ore trebuie să stea sub observaţie;

— dacă accidentatul şi-a pierdut cunoştinţa, dar îşi păstrează respiraţia, va fi întins comod. I se vor descheia hainele (cravata, cureaua, cordonul etc.) pentru a se crea un curent de aer proaspăt, i se va da să miroasă, amoniac şi i se va freqţiona corpul pentru a se încălzi. Medicul va fi chemat de urgenţă. Dacă respiraţia este greoaie, i se va face respiraţie artificială;

— dacă lipsesc semnele de viaţă (respiraţie, bătăile de inimă, pulsul), accidentatul nu trebuie considerat decedat. I se va face imediat respiraţie artificială fără întrerupere.

● **Regulile de efectuare a respiraţiei artificiale** sunt următoarele:

— respiraţia artificială se aplică numai atunci când accidentatul nu respiră deloc, sau când aceasta este foarte greoaie şi se înrăutăţeşte în timp;

— respiraţia artificială începe imediat după scoaterea de sub tensiune şi continuă fără întrerupere, până la obţinerea unui rezultat pozitiv, sau până apar semnele de moarte reală (pete pe corp şi înţepenirea corpului);

— înainte de a începe respiraţia artificială, accidentatul este eliberat imediat de hainele ce-i stinghereşte respiraţia şi i se deschide gura (dacă este încleştată, se introduce între măsele o scândurică, o placă metalică sau o coadă de lingură).

Scanned with OKEN Scanner

Respirația artificială poate fi efectuată în două feluri:

— **prima metodă se aplică când cel ce efectuează respirația artificială este singur.** Accidentatul se așază cu spatele în sus, cu capul pe o mână, cu fața într-o parte, iar cealaltă mână de-a lungul capului; sub obraz este bine să i se așternă o pânză curată. Pe cât posibil trebuie să i se scoată limba afară fără a o ține cu mâna. Persoana care acordă ajutorul se va așeza în genunchi deasupra accidentatului, cu fața spre capul acestuia, în așa fel încât coapsele accidentatului să se găsească între genunchii celui care acordă ajutorul. Se așază palmele pe spinarea accidentatului, pe coastele inferioare, apucându-l lateral. Numărând „unu, doi, trei", corpul persoanei care dă ajutorul se va apleca treptat înainte în așa fel încât greutatea corpului să se sprijine pe mâinile întinse, și, în acest fel, se vor apăsa coastele inferioare ale accidentatului (expirație). Fără a dezlipi mâinile de pe spinarea accidentatului, persoana care dă ajutorul va reveni brusc în poziția inițială (inspirație). După ce va număra „patru, cinci, șase", persoana care dă ajutorul se va apleca din nou cu greutatea corpului său pe mâinile întinse numărând „unu, doi, trei" etc.;

— **a doua metodă se utilizează când ajutorul este dat de două persoane.** Se așază accidentatul pe spate, punându-i-se sub omoplați un pachet de haine, în așa fel încât capul să-i atârne înapoi. Trebuie să i se scoată limba și să i se mențină afară, trăgând-o în jos spre bărbie.

Una din cele două persoane se așază în genunchi lângă capul accidentatului, apucându-l de mâini lângă coate și se lasă încetișor pe părțile laterale ale pieptului acestuia (expirație). Numărând „unu, doi și trei", ridică mâinile accidentatului și i le dă peste cap (inspirație). Numărând „patru, cinci, șase" apasă din nou mâinile pe piept etc.

• **Executarea, exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor electrice se vor face numai de către electricieni calificați.** Electricienii care trebuie să execute lucrări sub tensiune vor fi autorizați, în mod special de conducerea întreprinderii.

Persoanele care deservesc instalațiile electrice trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să fie sănătoase din punct de vedere psihic;

— să nu sufere de boli, sau să aibă infirmități care i-ar putea stânjeni în activitatea lor;

— să posede cunoștințe profesionale și de tehnică a securității muncii și prevenire și stingere a incendiilor, corespunzătoare funcției ce o dețin;

— să cunoască procedeele de scoatere de sub tensiune a persoanelor electrocutate și să le poată acorda primul ajutor.

Pentru o bună însușire a cunoștințelor de tehnica securității muncii, de prevenire și stingere a incendiilor, de scoatere de sub tensiune și de acordare a primului ajutor, personalul muncitor este supus următoarelor instructaje:

— **instructajul introductiv general,** care se efectuează la angajare (ca și cu ucenicii, elevii și studenții le efectuarea practicii). Durata acestuia poate fi între 8 ore și 2 zile în funcție de specificul întreprinderii. După instructaj, se face o verificare a cunoștințelor de protecția muncii al cărei rezultat se menționează în fișa individuală de protecția muncii;

— **instructajul la locul de muncă,** care se efectuează la locul unde a fost repartizată persoana nou încadrată (sau transferată). Durata instructajului va fi de cel puțin 8 ore. Verificarea cunoștințelor se face de către șeful ierarhic

Scanned with OKEN Scanner

superior al celui ce a făcut instructajul. Numai dacă acestea au fost însuşite în mod corespunzător persoana este admisă la lucru;

— **instructajul periodic** care se efectuează la locul de muncă de către conducătorul acestuia. Acesta se efectuează la termenele fixate (o dată la 6 luni în funcţie de natura locului de muncă) sau în următoarele cazuri:

— dacă lucrătorul a suferit un accident de muncă soldat cu incapacitate temporară;

— dacă lucrătorul a lipsit mai mult de 40 zile de la locul de muncă;

— când se modifică procesul tehnologic, condiţiile de muncă, când se introduc utilaje şi tehnici noi;

— când s-au modificat *Normele departamentale de protecţie a muncii* şi când se execută lucrări speciale, diferite de cele pe care lucrătorul le execută în mod obişnuit.

F. NORME DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

Activitatea în mediul exploziv obligă la luarea unor măsuri care să prevină declanşarea unei explozii sau a unui incendiu. Pentru aceasta, în funcţie de mediu, s-au stabilit o serie de măsuri suplimentare ce trebuie respectate în mod deosebit. Cele mai importante dintre acestea sunt:

— se interzice folosirea în stare defectă a instalaţiilor electrice şi a receptoarelor de energie electrică de orice fel, precum şi a celor uzate sau improvizate;

— se interzice încărcarea instalaţiilor electrice (cabluri, conducte, tablouri, transformatoare) peste sarcina admisă;

— se interzice suspendarea corpurilor de iluminat direct de conductele de alimentare;

— se interzice agăţarea sau introducerea pe/în interiorul panourilor, nişelor, tablourilor electrice etc. a obiectelor de orice fel, precum şi adăpostirea de obiecte sau materiale în posturile de transformare sau distribuţie;

— se interzice folosirea instalaţiilor electrice neprotejate, în raport cu mediul (etanş la praf, la umezeală);

— se interzice executarea lucrărilor de întreţinere şi reparaţii a instalaţiilor electrice de către personal necalificat şi neautorizat;

— se interzice utilizarea lămpilor portabile alimentate prin cordoane improvizate sau uzate;

— se interzice folosirea la corpurile de iluminat a filtrelor de lumină (abajururi), improvizate din carton, hârtie sau alte materiale combustibile;

— se interzice întrebuinţarea radiatoarelor şi a reşourilor electrice în alte locuri decât cele stabilite şi în condiţii care prezintă pericol de incendiu;

— se interzice folosirea legăturilor provizorii prin introducerea conductelor electrice fără nişă, direct în priză;

— se interzice utilizarea receptoarelor de energie electrică (fiare de călcat, reşouri, radiatoare, ciocane de lipit) fără luarea măsurilor de izolare faţă de elementele combustibile din încăperi;

— se interzice aşezarea pe motoarele electrice a materialelor combustibile (cârpă, hârtie, lemn);

— se interzice lăsarea neizolată a capetelor conductelor electrice, în cazul demontării parţiale a unei instalaţii.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 7

INSTALAŢII DE AMELIORARE A FACTORULUI DE PUTERE

A. GENERALITĂŢI

Este cunoscut din electrotehnică că între tensiunea de la bornele unui receptor de curent alternativ şi curentul care trece prin receptor există un defazaj, exprimat prin unghiul φ (fig. 7.1). dacă unghiul $\varphi = 0$, curentul şi tensiunea sunt în fază şi receptoarele sunt *rezistive.* Dacă unghiul $\varphi > 0$ (s-a ales sensul pozitiv, sensul trigonometric de parcurgere a unghiurilor de la fazorul sunt *inductive.* Dacă unghiul $\varphi < 0$, curentul se află înaintea tensiunii şi receptoarele sunt *capacitive.*

Prin **factor de putere** se înţelege valoarea cosinusului unghiului φ ($\cos \varphi$).

Din triunghiul puterilor (fig. 7.2), triunghi în care laturile sunt proporţionale cu puterile: activă P, reactivă Q şi aparentă S, rezultă:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}. \tag{7.1}$$

În funcţie de puterea aparentă S se dimensionează instalaţiile furnizorului de energie electrică (centralele electrice şi liniile de transport). Puterea activă P este puterea pe care receptoarele (sau instalaţiile) de energie electrică o transformă într-o altă formă de putere utilă: mecanică, luminoasă, chimică şi chiar electrică. Pentru o utilizare cât mai bună a instalaţiilor de furnizare a energiei electrice este bine cu raportul P/S să fie cât mai aproape de unitate.

Pentru instalaţiile de furnizare a energiei electrice situaţia cea mai avantajoasă o reprezintă receptoarele rezistive, deoarece $\cos \varphi = 1$, deci $P = S$.

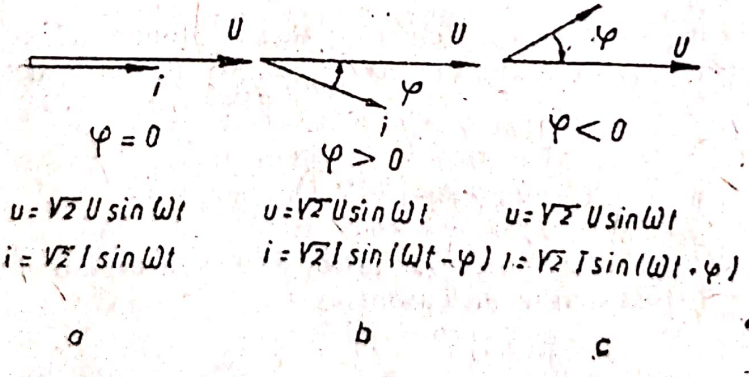


Fig. 7.1. **Defazajul dintre tensiune şi curent pentru receptoarele de curent alternativ.**
a — rezistive; *b* — rezistiv-inductive; *c* — rezistiv-capacitive.

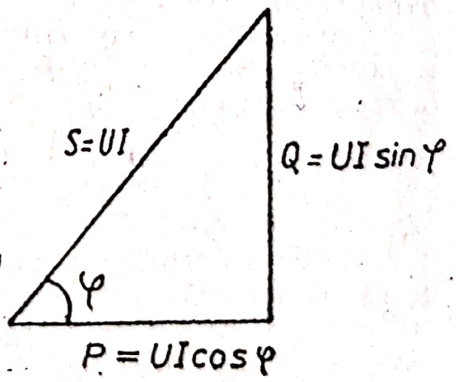


Fig. 7.2. **Triunghiul puterilor:** P — puterea activă (W); Q — puterea reactivă (Var); S — puterea aparentă (VA).

Receptoarele inductive au un factor de putere $\cos \varphi < 1$. Acestea sunt dezavantajoase pentru instalaţiile de alimentare cu energie electrică, deoarece absorb de la reţea atât putere activă P, cât şi putere reactivă Q de valoare:

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi \text{ (din triunghiul puterilor).} \tag{7.2}$$

Aceste instalaţii trebuie dimensionate pentru o putere:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{P^2 + P^2 \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{P}{\cos \varphi}. \tag{7.3}$$

Receptoarele capacitive au de asemenea un factor de putere $\cos \varphi < 1$ dar debitează în instalaţiile de alimentare putere reactivă Q (relaţia 7.2) lucru la fel de dezavantajoase pentru acestea, deoarece trebuie dimensionate la o putere $S > P$ (relaţia 7.3).

Pentru instalaţiile de furnizare a energiei electrice este avantajos ca în consumatorii pe care îi alimentează să se găsească atât receptoare inductive (care absorb putere reactivă), cât şi receptoare capacitive (care debitează putere reactivă), astfel ca factorii de putere ai consumatorilor să fie cât mai apropiaţi de unitate.

B. EFECTUL FACTORULUI DE PUTERE SCĂZUT ÎN INSTALAŢIILE ELECTRICE

Pentru a alimenta un receptor (consumator) trifazat de putere activă P şi de factor de putere $\cos \varphi$, linia electrică trebuie să transporte un curent electric I:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi}. \tag{7.4}$$

Rezultă că o dată cu scăderea factorului de putere creşte curentul transportat de reţea, bineînţeles în ipoteza aceleiaşi puteri active absorbite.

Creşterea curentului are drept consecinţe:

— necesitatea măririi secţiunii conductoarelor ce trebuie să transporte acest curent;

— necesitatea supradimensionării aparatajului de acţionare (întreruptoare, contactoare) şi de protecţie (siguranţe fuzibile, relee termice), parcurse de acest curent. Deci instalaţiile în care factorul de putere este scăzut sunt neeconomice, costă scump.

De exemplu, o instalaţie care are o putere activă de 40 kW alimentată la tensiunea 3 × 380/220 V şi cu un factor de putere $\cos \varphi_1 = 0{,}95$ absoarbe de la reţea un curent:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi_1} = \frac{40\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}95} = 64 \text{ A}$$

O altă instalaţie care absoarbe aceeaşi putere de la reţea, dar cu un factor de putere mai mic ($\cos \varphi_2 = 0{,}70$), absoarbe un curent:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos \varphi_2} = \frac{40\,000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}70} = 87 \text{ A}$$

ceea ce înseamnă cu 33,7% mai mult. Primul curent ar conduce la alegerea unei secţiuni de aluminiu *AFY* de 25 mm², iar al doilea la o secţiune din acelaşi

Scanned with OKEN Scanner

material de 50 mm^2. Se poate vedea uşor influenţa pe care o are factorul de putere atât asupra curentului absorbit de la reţeaua electrică, cât şi asupra secţiunii conductelor.

Creşterea curentului aborbit va influenţa negativ şi pierderea de putere din reţelele de distribuţie şi de transport:

$$\Delta = 3rI^2, \text{ sau } \Delta p = \frac{rP^2}{U^2 \cos^2 \varphi}. \qquad (7.5)$$

Datorită creşterii pierderii de putere pe reţelele electrice de distribuţie şi de transport este necesar ca agregatele din centralele electrice să fie supradimensionate pentru a acoperi şi acest consum suplimentar.

Rezultă că este important ca receptoarele şi instalaţiile electrice să funcţioneze cu un factor de putere cât mai ridicat.

C. MIJLOACE PENTRU AMELIORAREA FACTORULUI DE PUTERE

Acestea sunt:

— *mijloace naturale pentru mărirea factorului de putere*, care cuprind totalitatea măsurilor ce se pot adopta fără instalaţii speciale, fără cheltuieli, sau cu cheltuieli foarte mici;

— *mijloace artificiale pentru mărirea factorului de putere* care cuprind instalaţii special destinate producerii energiei reactive de compensare.

● **Mijloacele naturale pentru mărirea factorului de putere** constau în:

— *măsuri organizatorice privind utilarea receptoarelor electrice inductiv* (motoare electrice asincrone, instalaţii în componenţa cărora un loc important îl ocupă bobinajele electromagnetice, cuptoarele cu inducţie sau cu arc electric, instalaţiile de sudare etc.). Acestea se referă la organizarea procesului de producţie, astfel încât aceste receptoare să nu funcţioneze în gol, sau timpul de funcţionare în gol să fie rédus la minimum. Receptoarele de felul acesta trebuie să funcţioneze tot timpul la parametrii nominali, sau cât mai aproape de aceştia, pentru a avea un factor de putere cât mai ridicat. Atunci când funcţionează subîncărcate, factorul de putere scade şi energia electrică este rău utilizată. Subîncărcarea se poate evita prin organizarea cât mai bună a procesului de producţie, sau prin înlocuirea cu alte motoare de putere mai mică. În acest ultim caz, se va verifica dacă motorul de putere mai mică se comportă corespunzător la pornire (adică dacă poate învinge cuplul rezistent):

— *înlocuirea motoarelor asincrone* (în special cele de putere mare) *cu motoare sincrone de aceeaşi putere*, deoarece acestea au un factor de putere $\cos \varphi = 1$. Această măsură se va preconiza numai atunci când motorul sincron corespunde din punct de vedere tehnic procesului de producţie;

— *deconectarea transformatoarelor, când acestea sunt încărcate cu o sarcină sub 30% din sarcina nominală*. Sarcina rămasă este preluată de alte transformatoare de putere mică (30% din puterea nominală a primelor), care se conectează anterior deconectării transformatoarelor subîncărcate;

— *repararea corectă a motoarelor electrice*, astfel ca acestea să-şi păstreze parametrii iniţiali.

Dintre **mijloacele artificiale pentru mărirea factorului de putere**, cel mai mult se folosesc *condensatoarele statice* sub formă *de baterii de condensatoare*. Bateriile de condensatoare au câteva avantaje foarte importante:

— au pierderi electrice mici şi constante în timp;

Scanned with OKEN Scanner

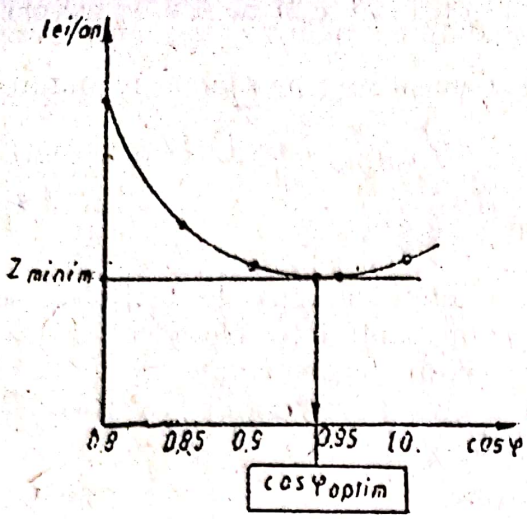


Fig. 7.3. Curba de variaţie a cheltuielilor anuale Z (lei/an) în funcţie de factorul de putere cos φ.

— nu au mecanisme în mişcare şi uzura este foarte mică;

— se pot monta foarte uşor;

— întreţinerea este deosebit de simplă;

— se fabrică într-o gamă de puteri destul de largă.

Dintre avantaje se pot enumera:

— imposibilitatea realizării unui reglaj fin al factorului de putere. Reglajul se face numai în trepte, în funcţie de modul cum se conectează elementele bateriei.

— spaţiul mare pe care îl ocupă, în special la puteri mari. Sunt necesare spaţii special destinate montării bateriilor de condensatoare şi, deşi se pot monta pe verticală, de multe ori (în special la consumatorii industriali) bateriile de condensatoare ocupă suprafeţe importante din camera tabloului electric.

Bateriile de condensatoare se aleg în urma unui calcul tehnico-economic. Cheltuielile Z ce se fac pentru bateriile de condensatoare (cheltuieli de investiţii, de exploatare, de întreţinere etc.) depind de factorul de putere (cos φ) pe care îl realizează acestea. În figura 7.3 este arătat un astfel de grafic al variaţiei lui Z în funcţie de cos φ. Factorul de putere până la care se face ameliorarea va fi cel corespunzător cheltuielilor minime Z_{minim}.

Această valoare se numeşte *factor de putere optim*. Din figura 7.3 se observă uşor că dacă s-ar mări factorul de putere până la valoarea maximă cos $\varphi = 1$, cheltuielile Z ar creşte, ceea ce nu este raţional din punct de vedere economic. De aceea, este greşit să se adopte o instalaţie de ameliorare a factorului de putere pentru cos $\varphi = 1$ fără ca anterior să se execute calculul economic aşa cum s-a arătat mai sus. Pentru instalaţiile noi cu puterea mai mare de 50 kW şi care ar funcţiona cu un factor de putere scăzut, este obligatorie prevederea unei instalaţii de ameliorare a factorului de putere, astfel ca valoarea acestuia să fie cos $\varphi = 0{,}93$. Această valoare poartă numele de *factor de putere neutral*.

D. CALCULUL CAPACITĂŢII BATERIEI DE CONDENSATOARE

Bateria de condensatoare se montează în paralel cu receptorul (sau instalaţia) ce funcţionează cu un factor de putere scăzut. În figura 7.4 se arată acest mod de legare al condensatorului (de capacitate C şi reactanţă capacitivă $\left(X = \frac{1}{\omega C}\right)$.

Înainte de montarea condensatorului, receptorul inductiv absorbea de la reţea curentul I_1 şi puterea reactivă Q_1 şi funcţiona cu un factor de putere scăzut cos φ_1.

Scanned with OKEN Scanner

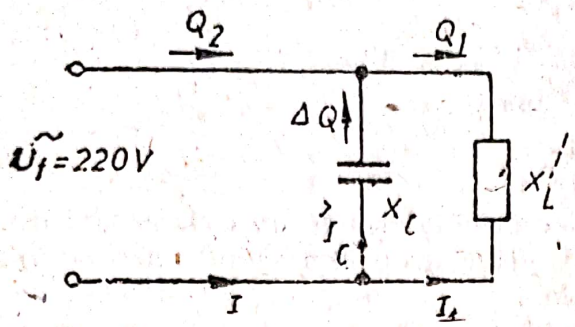


Fig. 7.4. Montarea condensatorului pentru mărirea factorului de putere.

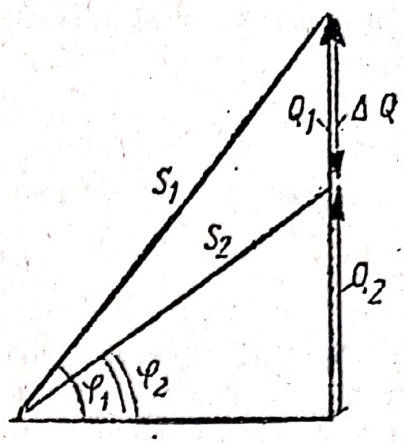


Fig. 7.5. Triunghiurile puterilor înainte şi după ameliorare.

După montarea condensatorului de capacitate C, receptorul absoarbe de la reţea o putere reactivă:

$$Q_2 = Q_1 - \Delta Q, \tag{7.6}$$

unde ΔQ este puterea reactivă debitată de condensatorul C în reţea. În această situaţie, receptorul va funcţiona cu un factor de putere $\cos \varphi_2 > \cos \varphi_1$ (fig. 7.5). Puterea activă absorbită de receptor înainte şi după ameliorarea factorului de putere este aceeaşi (P). Rezultă:

$$Q_1 = P \operatorname{tg} \varphi_1 \text{ şi } Q_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2. \tag{7.7}$$

Înlocuind (7.7) în (7.6) se obţine relaţia:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2). \tag{7.8}$$

Puterea reactivă debitată de condensator în reţea mai rezultă din relaţia:

$$Q = U_f I_c \sin \varphi. \tag{7.9}$$

unde $\varphi = 90^\circ$, deoarece exprimă defazajul dintre tensiunea de fază U_f şi curentul ce trece prin condensator I_c.

Deci:

$$P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = U_f I_c, \tag{7.10}$$

unde:

$$I_c = \frac{U_f}{X_c} = \frac{U_f}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C U_f, \tag{7.11}$$

înlocuind (7.11) în (7.10) rezultă:

$$P(\operatorname{tg} \varphi 1 - \operatorname{tg} \varphi 2) = U_f^2 \omega C. \tag{7.12}$$

de unde se poate determina capacitatea necesară a condensatorului:

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)}{\omega U_f^2}. \tag{7.13}$$

unde ω, U_f, P şi φ_1 se dau, iar φ_2 rezultă din egalitatea $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_{optim}$.

* $\cos \varphi_2$ poate fi *factorul de putere optim*, sau *factorul de putere neutral*.

Dacă tensiunea la bornele receptorului şi a condensatorului este U (adică tensiunea de linie), capacitatea acestuia, conform relaţiei 7.13 este:

$$C' = \frac{P\,(\mathrm{tg}\,\varphi_1 - \mathrm{tg}\,\varphi_2)}{\omega U^2}. \tag{7.14}$$

Dacă în (7.14) se înlocuieşte U cu $\sqrt{3}\,U_f$, rezultă:

$$C' = \frac{P\,(\mathrm{tg}\,\varphi_1 - \mathrm{tg}\,\varphi_2)}{3\omega U_f^2} = \frac{C}{3}.$$

Relaţia (7.15) ne arată că valoarea capacităţii legate între două faze este de trei ori mai mică decât a capacităţii legate între fază şi nul, în condiţiile debitării aceleiaşi puteri reactive în reţea.

La reţelele trifazate, bateriile de condensatoare se pot lega fie în stea, fie în triunghi (fig. 7.6).

În cazul când bateriile de condensatoare sunt legate în stea, relaţia (7.12) devine:

$$P(\mathrm{tg}\,\varphi_1 - \mathrm{tg}\,\varphi_2) = 3\omega C_Y U_f^2, \tag{7.16}$$

unde C_Y este capacitatea pe fază a bateriei. Rezultă:

$$C_Y = \frac{P\,(\mathrm{tg}\,\varphi_1 - \mathrm{tg}\,\varphi_2)}{3\omega U_f^2} = \frac{P\,(\mathrm{tg}\,\varphi_1 - \mathrm{tg}\,\varphi_2)}{\omega U^2}. \tag{7.17}$$

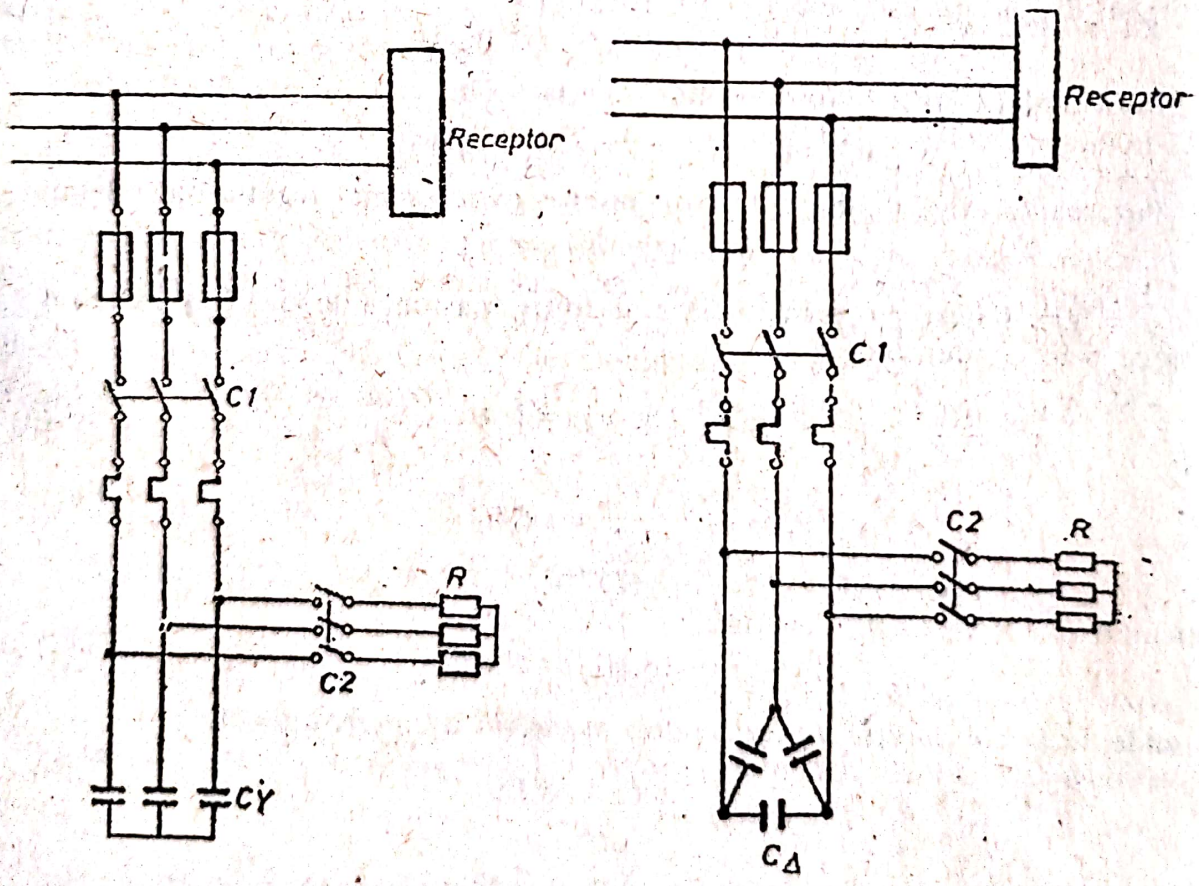


Fig. 7.6. Legarea bateriilor de condensatoare la reţelele trifazate:
a — în stea; *b* — în triunghi.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă bateriile sunt legate în triunghi, relaţia (7.12) se va scrie:

$$P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 3\omega C_\Delta U^2, \qquad (7.18)$$

unde C_Δ este capacitatea pe fază a bateriei.

Rezultă:

$$C_\Delta = \frac{P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)}{3\omega U^2}. \qquad (7.19)$$

Comparând relaţiile (7.17) şi (7.19), rezultă că valoarea necesară a capacităţii bateriei, când legarea se face în triunghi, este de trei ori mai mică decât în cazul legării în stea, în condiţiile în care se debitează în reţea aceeaşi putere reactivă:

$$C_\Delta = \frac{C_Y}{3}. \qquad (7.20)$$

E. LEGAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Bateriile de condensatoare, pentru ameliorarea factorului de putere se pot lega:

— **descentralizat:**

• *la bornele fiecărui receptor* de mică putere, ca în figura 7.4, dacă acestea sunt în număr foarte mare. Astfel se procedează pentru mărirea factorului de putere al lămpilor fluorescente. Condensatorul este montat în corpul de iluminat şi legat în paralel cu acesta la bornele de alimentare (fig. 7.7). Fără condensator, circuitul lămpii fluorescente ar funcţiona cu un factor de putere $\cos\varphi_1 = 0{,}55$. Pentru a aduce circuitul acestei lămpi la un factor de putere $\cos\varphi_2 = 0{,}95$, este necesar un condensator de capacitate C. Aceasta se poate calcula cu relaţia 7.15, unde:

$P = 50$ W, puterea circuitului lămpii fluorescente de 40 W (10 W reprezintă puterea balastului L, necesar funcţionării lămpii);

$\operatorname{tg}\varphi_1 = 1{,}518$ (din $\cos\varphi_1 = 0{,}55$ rezultă $\varphi_1 = 56{,}6°$);

$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0{,}329$ (din $\cos\varphi_2 = 0{,}95$ rezultă $\varphi_2 = 18{,}2°$);

$\omega = 2\pi f = 100\ \pi$ rad/s (unde $f = 50$ Hz este frecvenţa reţelei);

$U_f = 220$ V (tensiunea de fază a reţelei de alimentare).

Rezultă:

$$C = \frac{50(1{,}518 - 0{,}329)}{100 \cdot \pi \cdot 220^2} = 3{,}9 \cdot 10^{-6}\ \text{F} = 3{,}9\ \mu\text{F};$$

• *la bornele fiecărui receptor de mare putere* (motor asincron, cuptor electric, ca în figura 7.6, *a* sau *b*. De regulă, se alege sistemul de legare a bateriilor de condensatoare în triunghi, deoarece acestea au o capacitate mai mică. Bateriile de condensatoare când

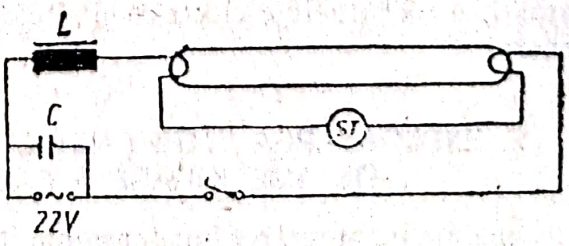


Fig. 7.7. Montarea condensatorului în circuitul unei lămpi fluorescente.

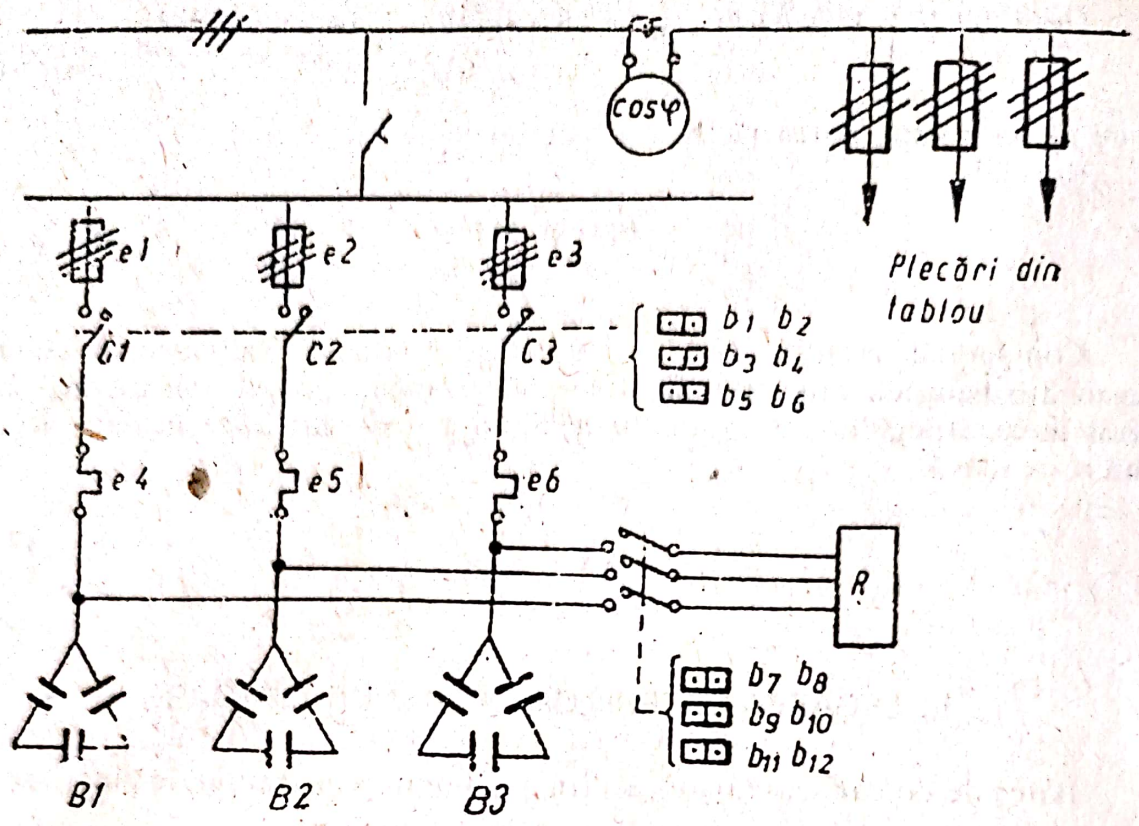


Fig. 7.8. Legarea bateriilor de condensatoare la barele unui tablou electric.

sunt deconectate de la reţea (se află în gol), au o tensiune la borne de 380 V (sau 220 V la legarea în stea). Pentru a înlătura pericolul de electrocutare, după scoaterea din funcţiune a receptorului se deschide contactorul C_1 (fig. 7.6) şi se închide contactorul C_2 cuplând astfel bateriile de condensatoare pe rezistenţele electrice R, până când acestea se descarcă:

— **centralizat:** la bornele tablourilor electrice (tablouri generale sau principale) atunci când adoptarea sistemelor de legare arătate mai sus este costisitoare. În principiu, legarea bateriilor de condensatoare la barele tabloului se face ca în figura 7.8. Cele trei baterii de condensatoare *B1* ... *B3* se pot lega la barele tabloului electric prin închiderea contactoarelor $C_1 \dots C_3$ utilizând butoanele $b_1 \dots b_6$, după ce, anterior, întreruptorul automat a fost închis. Bateriile se leagă la reţea progresiv, în funcţie de indicaţiile unui cosfimetru plasat pe barele tabloului electric. După scoaterea din funcţiune a bateriilor prin desfacerea contactoarelor $C_1 \dots C_3$, acestea se descarcă pe grupul de rezistenţe R, acţionând contactoarele $C_4 \dots C_6$ cu butoanele $b_7 \dots b_{12}$;

— **moderat centralizat,** o parte din baterii se leagă descentralizat, în paralel cu receptoarele electrice şi altele se leagă centralizat, la barele tabloului general.

F. EXPLOATAREA ÎNTREŢINEREA ŞI REPARAREA INSTALAŢIILOR DE AMELIORARE A FACTORULUI DE PUTERE

Înainte de montarea condensatoarelor, se verifică starea lor. Pentru aceasta se verifică ca izolatoarele electrice să fie întregi şi etanş fixate pe carcasa condensatorului. De asemenea, se verifică să nu existe scurgeri de ulei pe la

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

încheieturile carcasei şi aceasta să nu prezinte deformări. Condensatoarele cu defecte nu se vor monta în cadrul bateriei. După montare se execută legăturile electrice între bornele condensatoarelor pentru formarea bateriilor, apoi legăturile între baterii şi în final legăturile de la acestea la barele tabloului electric (sau bornele receptorului). Aceste legături se execută în bare sau cabluri electrice.

Înainte de darea în exploatare, se face o probă a bateriilor prin conectarea la reţea de trei ori, timp de câte cinci minute. Între conectări se face o pauză de două minute.

În timpul fiecărei conectări pot să apară:

— *scântei la bornele condensatoarelor.* În acest caz se strâng legăturile electrice;

— *scurtcircuit.* În acest caz se refac legăturile electrice sau, dacă acestea sunt bune, se înlătură condensatorul străpuns, verificându-se fiecare element în parte:

— *zgomote în carcasele condensatoarelor.* Condensatoarele defecte se înlocuiesc.

După aceste probe de punere în funcţiune, bateriile de condensatoare se conectează la reţea timp de 24 de ore. În acest interval de timp se verifică periodic curentul pe fiecare fază şi temperatura mediului. Dacă curenţii nu sunt egali pe faze, prin măsurări din aproape în aproape se depistează elementele care produc dezechilibrul (acestea se înlocuiesc). Când temperatura mediului ajunge la 30°C (în special vara), bateriile se deconectează de la reţea.

În prima lună de funcţionare se va efectua, zilnic, de către personalul de exploatare, un control vizual privind starea condensatoarelor. Elementele în care se aud zgomote şi din care apar scurgeri de ulei se înlocuiesc.

Toate intervenţiile la condensatoare se fac numai după ce bateriile au fost scoase de sub tensiune şi descărcate.

Trimestrial, se execută o verificare generală în cadrul căreia:

— se desfac legăturile electrice, se curăţă contactele cu peria de sârmă până la obţinerea luciului metalic, se refac legăturile electrice strângându-se cu atenţie;

— se verifică dacă aparatajul de acţionare şi protecţie are legăturile electrice bine strânse şi nu prezintă deteriorări. Se verifică prin încercări funcţionarea circuitului de comandă.

În timpul exploatării, bateriile de condensatoare nu se vor lăsa în gol, încărcate. Imediat după scoaterea din funcţiune, ele se leagă pe rezistenţele de descărcare. De cele mai multe ori, acestea sunt becuri electrice plasate deasupra stelajului de susţinere a bateriilor, sau în incinta întreprinderii (pot face parte din iluminatul de pază al acesteia).

Elementele de condensatoare defecte (din care curge uleiul, din care se aud zgomote la punerea sub tensiune, care au izolatoarele defecte etc.) nu se repară în întreprindere, ci în atelierele speciale ale întreprinderilor furnizoare de astfel de elemente.

G. NORME DE TEHNICA SECURITĂŢII MUNCII

Principala normă de securitate a muncii de care trebuie să se ţină seamă în utilizarea bateriilor de condensatoare se referă la deconectarea acestora imediat după oprirea receptorului la care sunt legate şi conectarea pe

rezistenţele de descărcare. Acest lucru este obligatoriu, întrucât la bornele bateriilor de condensatoare tensiunea este de 380 V sau 220 V, în funcţie de modul cum se realizează legătura acestora (în triunghi sau în stea).

Bateriile de condensatoare se montează pe stelaje metalice, special confecţionate şi ocupă un loc aparte, îngrădit cu plasă de sârmă, în apropierea receptorului sau tabloului electric la care sunt conectate. În timpul funcţionării, accesul în spaţiul destinat bateriilor de condensatoare se face numai de către personalul autorizat. La intrarea în zonă, o dată cu deschiderea uşii de acces, automat bateriile de condensatoare sunt deconectate de la reţea şi conectate pe rezistenţele de descărcare. De cele mai multe ori, ca rezistenţe de descărcare sunt folosite becurile incandescente, pentru a putea observa cu uşurinţă că acestea se află în regimul de descărcare.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 8

INSTALAȚII DE PROTECȚIE A OMULUI ÎMPOTRIVA ELECTROCUTĂRII

A. EFECTELE CURENTULUI ELECTRIC ASUPRA ORGANISMULUI UMAN

Corpul omenesc se comportă, din punct de vedere electric, ca o rezistență. De aceea, dacă între două puncte de pe suprafața acestuia se aplică o diferență de potențial, prin el trece un curent electric I_h;

$$I_h = \frac{U_a}{R_h}, \tag{8.1}$$

unde:

U_a este tensiunea aplicată sau tensiunea de atingere;

R_h — rezistența electrică a corpului omenesc pe traseul străbătut de curent.

Trecerea unui curent electric prin organism poartă numele de *electrocutare*.

Curentul electric poate produce vătămarea organismului, sau chiar moartea. Vătămările pe care le produce electrocutarea sunt:

— *arsuri electrice ale pielii corpului* în locurile de contact cu circuitul electric. Acestea se datoresc acțiunii arcului electric ce se formează în aceste puncte;

— *șoc nervos* care afectează sistemul nervos. Prin șoc se poate opri funcționarea (parțial sau total) a sistemului muscular, ceea ce poate provoca moartea organismului.

Gravitatea efectelor produse prin electrocutare depinde de:

— *intensitatea curentului*. Cu cât aceasta crește, cu atât vătămarea este mai gravă, deoarece cu cât degajarea de căldură este mai mare cu atât și sistemul nervos, este mai mult afectat;

— *frecvența curentului*. S-a constatat că la aceeași valoare a intensității, curentul alternativ este mai periculos decât cel continuu. Se apreciază că limita intensității nepericuloase a curentului este:

— *durata trecerii curentului electric prin organism*. Cu cât aceasta este mai mare, cu atât efectul electrocutării este mai grav. Se consideră că dacă durata de trecere a curentului este mai mică de 0,2 s, acesta nu este periculos pentru organism.

Scanned with OKEN Scanner

B. CAZURI DE ELECTROCUTARE

Omul se poate electrocuta atunci când atinge părţi din instalaţia electrică care în mod obişnuit se află sub tensiune. În aceste cazuri se numeşte *atingere directă.* Electrocutarea mai poate surveni şi atunci când omul atinge părţi din instalaţia electrică care au ajuns sub tensiune în mod accidental, în mod normal acestea nefiind sub tensiune. În aceste cazuri, atingerea se numeşte *atingere indirectă.*

1. CAZURI DE ELECTROCUTARE PRIN ATINGERE DIRECTĂ

În figurile 8.1 şi 8.2 sunt arătate două cazuri de electrocutare prin atingerea directă a reţelelor electrice. În două figuri reţeaua electrică este alimentată de la secundarul unui transformator de 6/0,4 kV. Reţeaua electrică poate avea neutrul legat la pământ (fig. 8.1), sau neutrul izolat faţă de pământ (fig. 8.2). Dacă neutrul este izolat faţă de pământ, între fazele reţelei electrice şi pământ trebuie luată în considerare rezistenţa de izolaţie (R_z). Aceasta este formată din rezistenţa electrică a straturilor izolatoare din jurul conductorului, din izolaţia tubului de protecţie etc. Ea este uniform distribuită pe toată lungimea conductorului de fază al reţelei dar, pentru simplificare, se reprezintă ca o rezistenţă concentrată, plasată în apropierea transformatorului. Valoarea ei este foarte mare, dar limitată (nu este infinită). Rezistenţele de izolaţie există între fazele reţelei şi pământ şi atunci când reţeaua are neutrul legat la pământ, însă nu se iau în considerare datorită valorilor mari pe care le au în comparaţie cu rezistenţa conductorului de legare la pământ.

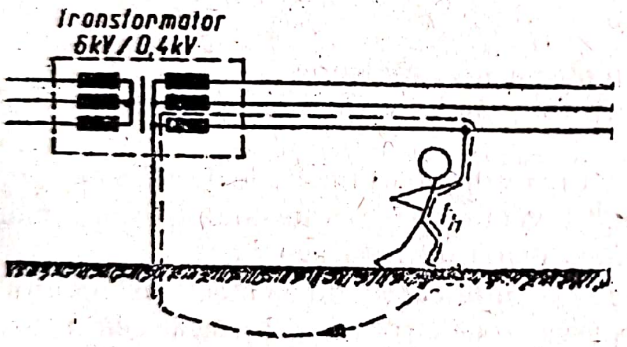


Fig. 8.1. Electrocutarea prin atingerea fazei unei reţele, cu neutrul legat la pământ.

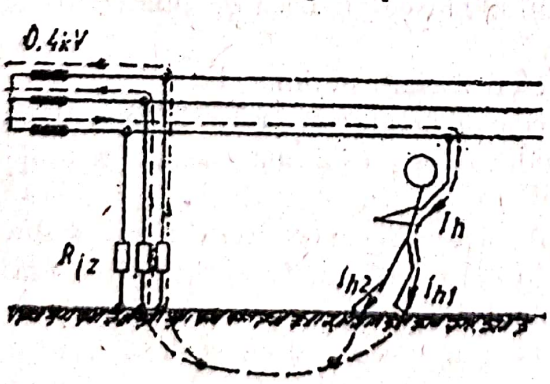


Fig. 8.2. Electrocutarea prin atingerea fazei unei reţele, cu neutrul izolat faţă de pământ.

Atingerea unei faze a reţelei trebuie înţeleasă ca atingerea oricărui conductor de fază al unui receptor. Omul se va găsi cu una din mâini la potenţialul fazei pe care a atins-o şi cu picioarele pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate aflată în contact direct cu pământul (fig. 8.1). În acest caz, când neutrul reţelei este legat la pământ, se închide un circuit electric prin faza atinsă, om, sol, (care, este bun conducător de electricitate) şi neutrul legat la pământ al transformatorului. Acelaşi circuit electric se stabileşte şi în cazul în care omul stă cu picioarele pe o pardoseală rău conducătoare de electricitate, dar cu o mână atinge o fază a reţelei şi cu cealaltă peretele construcţiei sau un alt element bun conducător de electricitate, aflat în contact sau solul. În primul caz, curentul

Scanned with OKEN Scanner

electric trece prin om pe traseul mână-picior, în al doilea caz pe traseul mână-mână. În ambele cazuri efectul curentului electric este acelaşi (aceeaşi valoare a curentului). În cazul în care reţeaua este izolată faţă de pământ (v. fig. 8.2) şi omul atinge una din faze, se poate observa că se produce electrocutarea deoarece curentul se închide prin faza atinsă, om, sol, rezistenţele de izolaţie dintre sol şi fazele neatinse.

2. CAZURI DE ELECTROCUTARE PRIN ATINGERE INDIRECTĂ

Părţile metalice care, în mod normal, nu se află sub tensiune, dar care din cauza unui defect de izolaţie pot să ajungă sub tensiune sunt: carcasele motoarelor electrice, batiurile maşinilor-unelte, stelajele tablourilor electrice, stelajele de susţinere ale unor aparate electrice etc.

Omul atinge în mod frecvent aceste părţi metalice în timpul exploatării instalaţiilor respective. Cât timp nu a avut loc nici un defect de izolaţie care să le pună sub tensiune la potenţialul unei faze, nu există nici un pericol. Dacă defectul s-a produs la atingerea acestora se produce electrocutarea, atât în cazul reţelelor legate la pământ (fig. 8.3, *a*), cât şi a celor izolate faţă de pământ (fig. 8.3, *b*). În primul caz se stabileşte un curent electric prin circuitul: faza defectă, carcasa motorului, corpul omului, sol şi neutrul reţelei. În al doilea caz curentul electric se stabileşte prin circuitul: faza defectă, carcasa motorului, corpul omului, sol, rezistenţele de izolaţie ale fazelor nedefecte (sănătoase), fazele nedefecte (sănătoase) şi neutrul reţelei.

Electrocutarea mai poate surveni atunci când picioarele omului se află la potenţiale diferite. În acest caz, tensiunea aplicată omului se numeşte *tensiune de pas*. Astfel de situaţii se pot ivi în apropierea unei prize de pământ, sau în apropierea locului de contact cu solul al unui conductor de fază* (fig. 8.4).

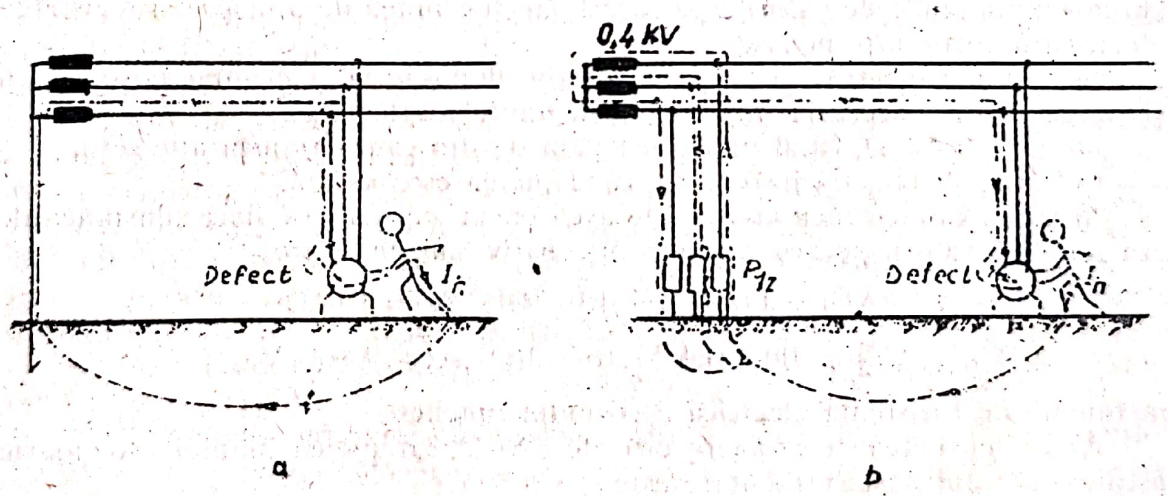


Fig. 8.3. **Cazuri de electrocutare prin atingerea indirectă. Atingerea carcasei unui motor, care se află în contact cu una din fazele reţelei:**
a — legată la pământ; *b* — izolată faţă de pământ.

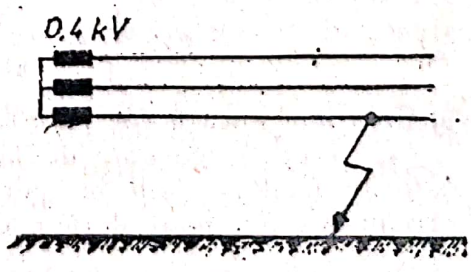


Fig. 8.4. **Punere la pământ a unui conductor de fază.**

* Această situaţie poartă numele de *punere la pământ a conductorului*.

Scanned with OKEN Scanner

C. METODE DE PROTECŢIE

● **Protecţia omului împotriva electrocutării prin atingere directă** se realizează prin utilizarea mijloacelor individuale de protecţie şi prin respectarea normelor de tehnica securităţii specifice muncii lucrărilor de instalaţii electrice.

Mijloacele individuale de protecţie cuprind:

— materiale electroizolante pentru protecţie: covoare, cizme, galoşi şi mănuşi din cauciuc electroizolant, scule cu mânerele izolante etc. Acestea trebuie să se găsească în dotarea fiecărui electrician din personalul de întreţinere şi trebuie utilizate ori de câte ori se lucrează la părţile din instalaţia electrică. Covoarele din cauciuc electroizolant se aşază în faţa tablourilor sau panourilor electrice la care se lucrează şi pe toată durata intervenţiei muncitorul trebuie să se afle cu picioarele (încălţate cu cizme sau galoşi din acelaşi cauciuc electroizolant) pe acestea;

— materiale pentru îngrădiri provizorii, pentru a izola locul de lucru al instalaţiilor electrice, astfel încât restul personalului din întreprindere să nu aibă acces la acesta;

— plăcuţe avertizoare, pentru a atrage atenţia asupra pericolului de electrocutare şi asupra interzicerii unor manevre în instalaţiile electrice.

● **Protecţia omului împotriva electrocutării prin atingere indirectă** se realizează, în principiu, prin:

— *micşorarea tensiunii de atingere;*

— *micşorarea duratei de trecere a curentului electric prin corpul omenesc.*

Micşorarea tensiunii de atingere. Din relaţia (8.1) se vede că valoarea curentului depinde de valorile pe care le au tensiunea de atingere şi rezistenţa electrică a corpului omenesc.

Micşorarea tensiunii de atingere. Din relaţia (8.1) se vede că valoarea curentului depinde de valorile pe care le au tensiunea de atingere şi rezistenţa electrică a corpului omenesc.

Rezistenţa electrică a corpului omului depinde mult de umiditatea pielii şi starea fizică a acestuia. Ea variază în limite foarte largi:

— sub 1 000 Ω, când pielea este umedă din cauza transpiraţiei etc.;

— între 40 000 — 100 000 Ω, când pielea este uscată.

Rezultă că electrocutarea poate avea efecte periculoase dacă tensiunea de atingere are valori, pentru curentul alternativ, cuprins între:

$$\Delta U_1 = 1\,000\ \Omega \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 10\ \text{V},$$

$$\Delta U_2 = 100\,000\ \text{V} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 1\,000\ \text{V},$$

în funcţie de rezistenţa electrică a corpului omenesc.

Dacă tensiunea de atingere este de 220 V, iar pielea omului este foarte uscată, curentul de electrocutare este:

$$I_h = \frac{U}{R} = \frac{220}{100\,000} = 2{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 2{,}2\ \text{mA},$$

valoarea mai mică decât 10 mA, limita intensităţii nepericuloase.

La aceeaşi tensiune de atingere, dacă pielea omului este uşor umedă (datorită mediului din încăpere, transpiraţiei etc.) şi rezistenţa electrică a corpului are o valoare de aproximativ 40 000 Ω, prin corp va trece un curent:

$$I_h = \frac{220}{40\,000} = 5{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 5{,}5\ \text{mA}$$

Scanned with OKEN Scanner

care de asemenea nu este periculos. Dacă însă pielea corpului este umedă şi rezistenţa electrică a acestuia este de 1 000 W, curentul de electrocutare la aceeaşi tensiune de atingere de 220 V va fi:

$$I_h = \frac{220}{1\,000} = 220 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 220\ \text{mA},$$

valoare cu mult peste limita intensităţii periculoase.

Din exemplele de mai sus se poate observa că aceeaşi tensiune de atingere poate produce curenţi de electrocutare nepericuloşi, sau periculoşi în funcţie de rezistenţa electrică a corpului omului.

Cum această rezistenţă nu poate fi cunoscută cu precizie, limitarea curentului de electrocutare se realizează prin adoptarea unor metode care să ducă la scăderea tensiunii de atingere (sau de pas) sub valoarea tensiunii de atingere admisibile. Prin *tensiune de atingere admisibilă* se înţelege tensiunea care, aplicată corpului omenesc, determină trecerea unui curent nepericulos prin acesta. Din acest punct de vedere, locurile de muncă se împart în trei categorii:

— *locuri puţin periculoase.* Acestea sunt încăperile uscate şi încălzite, care au pardoseală rău conducătoare de electricitate (locuinţele, birourile, clasele etc.);

— *locuri periculoase.* Acestea sunt locurile în care este realizat cel puţin unul din următorii factori (care provoacă scăderea rezistenţei corpului omenesc, sau măresc posibilitatea punerii sub tensiune a acestuia); temperatura aerului între 25 şi 30°C, umiditatea aerului între 75 şi 95%, în mediu există degajări de praf bun conducător de electricitate, pardoseala este bună conducătoare de electricitate, în apropierea instalaţiilor electrice se află construcţii metalice ce nu sunt prevăzute cu ecrane de protecţie, sau încăperi în care pardoseala este ocupată în proporţie de până la 60% cu obiecte metalice. În această categorie intră marea majoritate a încăperilor de lucru din industrie şi cele din subsolurile tehnice;

— *locuri foarte periculoase.* Acestea sunt locurile în care este realizat cel puţin unul din următorii factori: temperatura aerului peste 30°C, umiditatea aerului peste 97% (pe pereţi există permanent condens), în aer există degajări de vapori, corozivi, obiectele metalice ocupă peste 60% din suprafaţa locului de lucru. În această categorie intră centralele termice şi de ventilaţie, staţiile de hidrofor, punctele termice, depozitele pentru bateriile de acumulatoare, spaţiile pentru vopsitorii sau tratamente termice, cât şi rezervoarele metalice, cazanele, conductele mari metalice în care se lucrează.

Pericolul de electrocutare depinde şi de tipul echipamentului electric folosit, care poate fi:

— *echipament fix*, care funcţionează într-o poziţie fixă. Instalaţia electrică a acestuia este executată îngropat sau aparent de elementele de construcţie. În această categorie se încadrează echipamentul electric pentru alimentarea corpurilor de iluminat montate pe elementele de construcţii, pentru alimentarea maşinilor-unelte, motoarelor etc.;

— *echipament mobil*, care este utilizat în diferite locuri în funcţie de necesităţile procesului de producţie. Nu funcţionează în timpul deplasării, iar deplasarea se face numai după ce a fost scos de sub tensiune. Acest echipament este mai periculos decât cel fix, deoarece în timpul deplasărilor izolaţia electrică a conductoarelor este mult mai expusă, datorită solicitărilor mecanice suplimentare. În această categorie se încadrează grupurile convertizoare, transformatoarele de sudare etc.;

Scanned with OKEN Scanner

— *echipament portativ*, care în timpul funcţionării este purtat de una sau mai multe persoane. Este cel mai periculos dintre echipamente datorită contactului direct şi permanent (pe timpul funcţionării) cu corpul omului. Izolaţia şi legăturile electrice sunt supuse la solicitări mecanice mult mai mari. În această categorie se încadrează uneltele de mână, lămpile electrice portabile etc.

În funcţie de echipamentul folosit şi locul în care este utilizat, instalaţiile de protecţie trebuie să asigure limitarea tensiunilor de atingere şi de pas sub valorile admisibile indicate în tabelul 8.1 (după STAS 6616-78).

TABELUL 8.1

Valorile admisibile ale tensiunilor de atingere (sau de pas) în volţi

Echipamentul folosit / Locul unde se utilizează	fix	mobil	portativ
puţin periculos	40	40	40
periculos	40	40	24
foarte periculos	24	24	24

Micşorarea duratei de trecere a curentului electric prin corpul omului. Instalaţiile de protecţie împotriva electrocutărilor prin atingerea indirectă trebuie astfel concepute, încât ele să întrerupă curentul în mai puţin de 0,2 s.

Din punct de vedere practic, protecţia omului împotriva electrocutării prin atingerea indirectă se realizează prin două categorii de metode:

— *metode de protecţie de bază* (sau *principale*), care pot asigura singure protecţia;

— *metode de protecţie suplimentare*, care au numai rolul de a dubla una din metodele de protecţie de bază.

Dintre metodele de protecţie de bază cele mai importante sunt:

— protecţia prin legare la pământ;
— protecţia prin legare la nulul de protecţie;
— protecţia prin folosirea tensiunii reduse.

Dintre metodele de protecţie suplimentare cea mai importantă este: protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere (*PATA*).

1. METODE DE PROTECŢIE DE BAZĂ

b. Protecţia prin legare la pământ

Aceasta este metoda de bază ce se adoptă împotriva electrocutărilor prin atingerea indirectă în reţelele cu neutrul izolat faţă de pământ. Legarea la pământ se realizează printr-o priză de pământ montată în apropierea construcţiei şi un conductor metalic de legătură între priza de pământ şi partea metalică, care în mod accidental, ar putea ajunge sub tensiune (carcasa metalică

Scanned with OKEN Scanner

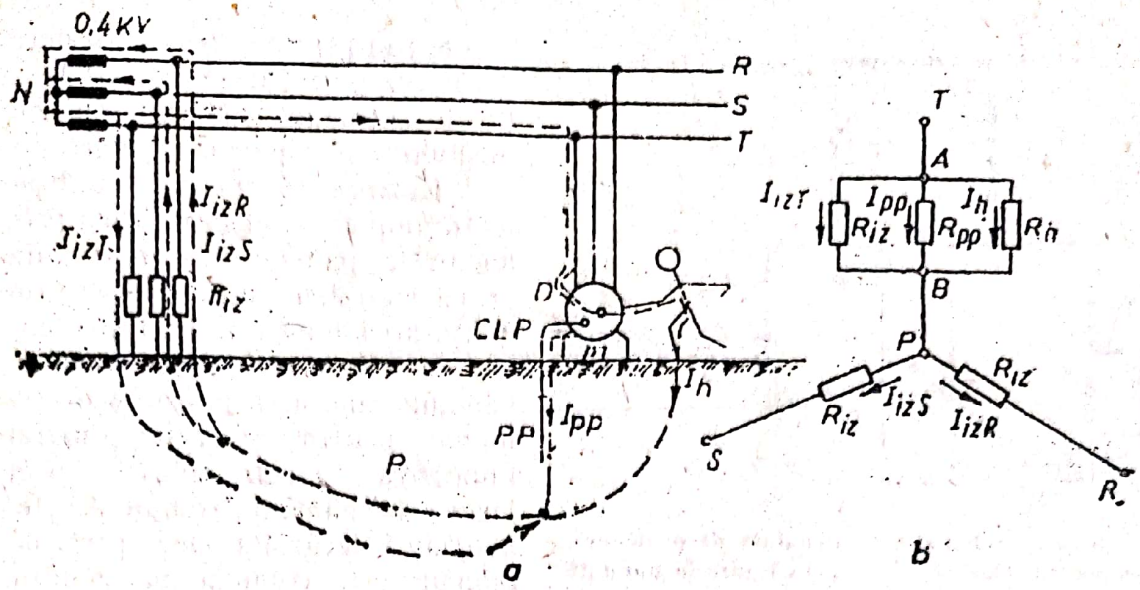


Fig. 8.5. **Principiul metodei de protecţie împotriva electrocutării prin legare la pământ:** *a* — schema de principiu; *b* — schema electrică echivalentă; *N* — punctul neutru al reţelei (izolat faţă de pământ); *m* — motor electric; R_{iz} — rezistenţele de izolaţie; *PP* — priza de pământ; *CLP* — conductor de legare la pământ; *D* — defect de izolaţie. I_{izR}, I_{izS}, I_{izT} — curenţii prin rezistenţele de izolaţie dintre fazele *R*, *S*, *T* şi pământ. I_{pp} şi I_h — curenţii prin priza de pământ şi prin corpul omului.

a unui motor de exemplu). În figura 8.5 este prezentat principiul metodei de legare la pământ. Reţeaua trifazată (*R*, *S*, *T*) are neutrul *N* izolat faţă de pământ (*P*).

Motorul electric *m* este alimentat de la reţea printr-un racord trifazat, iar carcasa metalică a acestuia este legată la priza de pământ *PP* prin conductorul de legare la pământ *CLP*.

S-a presupus că faza *T* a suferit un defect de izolaţie *D* şi carcasa metalică a motorului a fost pusă în contact cu aceasta. Dacă omul atinge cu mâna carcasa motorului, iar cu picioarele se află pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate, se stabileşte circuitul electric trifazat, desenat cu linie întreruptă pe figura 8.5, *a*. Schema electrică echivalentă a acestuia este cea din figura 8.5, *b*, unde R_{pp} este rezistenţa prizei de pământ şi a conductorului de legare la aceasta, iar R_h este rezistenţa electrică a corpului omului. Între faza *T* şi pământ există rezistenţa de izolaţie (de pe această fază) a prizei de pământ şi a omului, legate în paralel, iar între fazele *R* şi *S* şi pământul *P* există numai rezistenţele de izolaţie R_{iz}.

Din figura 8.5, *b* rezultă că valoarea curentului ce trece prin om I_h, depinde de căderea de tensiune aplicată acestuia, care este ΔU_{AB}. Deoarece rezistenţele R_{pp} şi R_h sunt legate în paralel, există relaţia:

$$\Delta U_{AB} = R_h I_h = R_{pp} I_{pp}, \tag{8.2}$$

de unde:

$$I_h = \frac{R_{pp}}{R_h} I_{pp}. \tag{8.3}$$

Dacă rezistenţa prizei de pământ R_{pp} ar fi nulă, curentul prin om ar fi de asemenea nul, ceea ce ar reprezenta o protecţie ideală pentru om. În realitate, rezistenţa prizei de pământ are o valoare foarte mică astfel ca valoarea

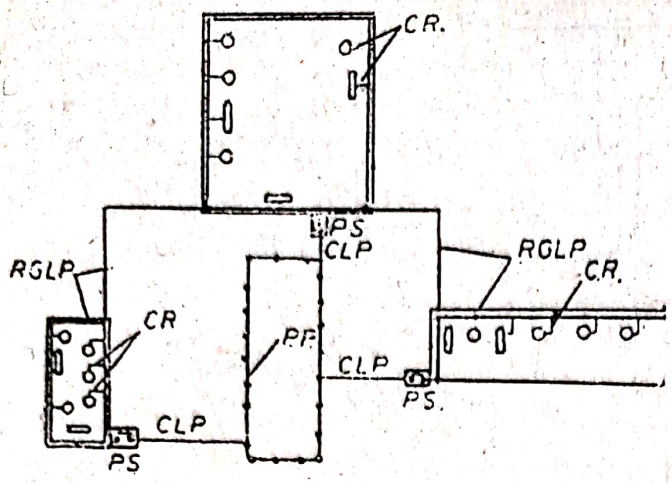


Fig. 8.6. **Schema unei instalaţii de protecţie împotriva electrocutării, prin legare la pământ.**

curentului prin om să fie mai mică decât cea periculoasă, iar ΔU_{AB} să fie de asemenea sub valoarea admisibilă a tensiunii de atingere.

Rezultă că metoda de protecţie împotriva electrocutării prin legare la pământ face parte din grupa metodelor de protecţie prin micşorarea tensiunii de atingere.

Valoarea rezistenţei prizei de pământ, când aceasta este utilizată numai pentru protecţia omului împotriva electrocutării, prin legare la pământ, trebuie să fie mai mică decât 4Ω. Dacă priza de pământ este comună mai multor instalaţii (de exemplu şi pentru protecţia construcţiilor împotriva descărcărilor electrice atmosferice), valoarea ei trebuie să fie mai mică de 1 Ω.

Instalaţia de legare la pământ a părţilor metalice, ce în mod accidental ar putea fi puse sub tensiune, este formată din următoarele părţi componente (fig. 8.6):

— *ramificaţiile CR;*
— *reţeaua generală de legare la pământ RGLP;*
— *priza de pământ PP;*
— *piesa de separaţie PS.*

• **Ramificaţiile** se execută, de regulă, din bandă din OL-Zn cu secţiunea minimă de 50 mm^2 şi grosimea minimă de 3 mm (când se montează *aparent*) sau de 4 mm (când se montează *îngropat*).

Ramificaţiile se prind de părţile metalice ce se leagă la pământ prin sudare sau prin intermediul unui şurub prevăzut special în acest scop. În acest ultim caz, strângerea se va face astfel încât să se asigure un contact electric cât mai bun. De asemenea, ramificaţiile vor avea trasee cât mai scurte pentru a asigura o rezistenţă electrică cât mai mică.

• **Reţeaua generală de legare la pământ** se execută, de asemenea, tot din banda din OL-Zn cu secţiunea minimă de 100 mm^2 şi de aceleaşi grosimi ca şi ramificaţiile. Această platbandă se montează aparent pe pereţii construcţiei, la 15...20 cm de la pardoseală (fig. 8.7). Golul uşilor este ocolit fie prin pardoseală, fie peste aceasta. Îmbinarea platbandelor ce formează reţeaua generală de legare la pământ şi ramificaţiile dintre aceasta şi părţile metalice legate la pământ se va executa prin sudare.

Legăturile către priza de pământ (fig. 8.7) se execută aparent tot din platbandă din OL-Zn cu secţiunea de 100 mm^2. În afara construcţiei, platbanda se montează, până la ieşirea din fundaţie, într-o ţeavă ce are rolul de a o proteja împotriva solicitărilor mecanice. Pe această legătură către priza de pământ se prevede o piesă de separaţie (fig. 8.7) care să permită izolarea prizei de pământ de reţeaua generală la pământ (acest lucru este necesar în cazurile când trebuie să se măsoare rezistenţa prizei de pământ). Piesa de separaţie nu este altceva decât o eclisă (tot din OL-Zn), prinsă în şuruburi pentru a permite desfacerea acesteia şi întreruperea continuităţii electrice către priza de pământ. Piesa de separaţie se poate monta în clădire, ca în figura 8.7, sau pe peretele exterior al clădirii, într-o cutie special destinată, ca în figura 8.8. Cutia este

Scanned with OKEN Scanner

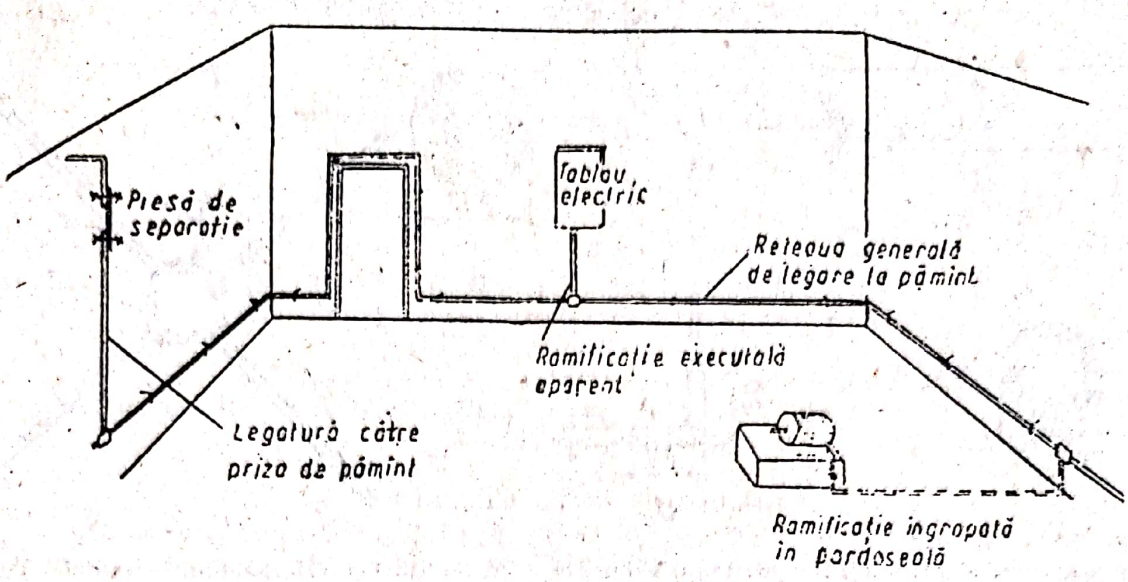


Fig. 8.7. **Instalația de legare la pământ (montarea rețelei generale de legare la pământ și a ramificațiilor).**

prevăzută cu ușă ce se închide cu o cheie specială (cu cap pătrat sau triunghiular), pentru a nu permite accesul la piesa de separație decât pentru personalul de exploatare.

● **Priza de pământ** asigură contactul electric al instalației de legare la pământ cu solul. Ea este formată din unul sau mai mulți electrozi în contact cu solul și conductoarele de legătură dintre electrozi.

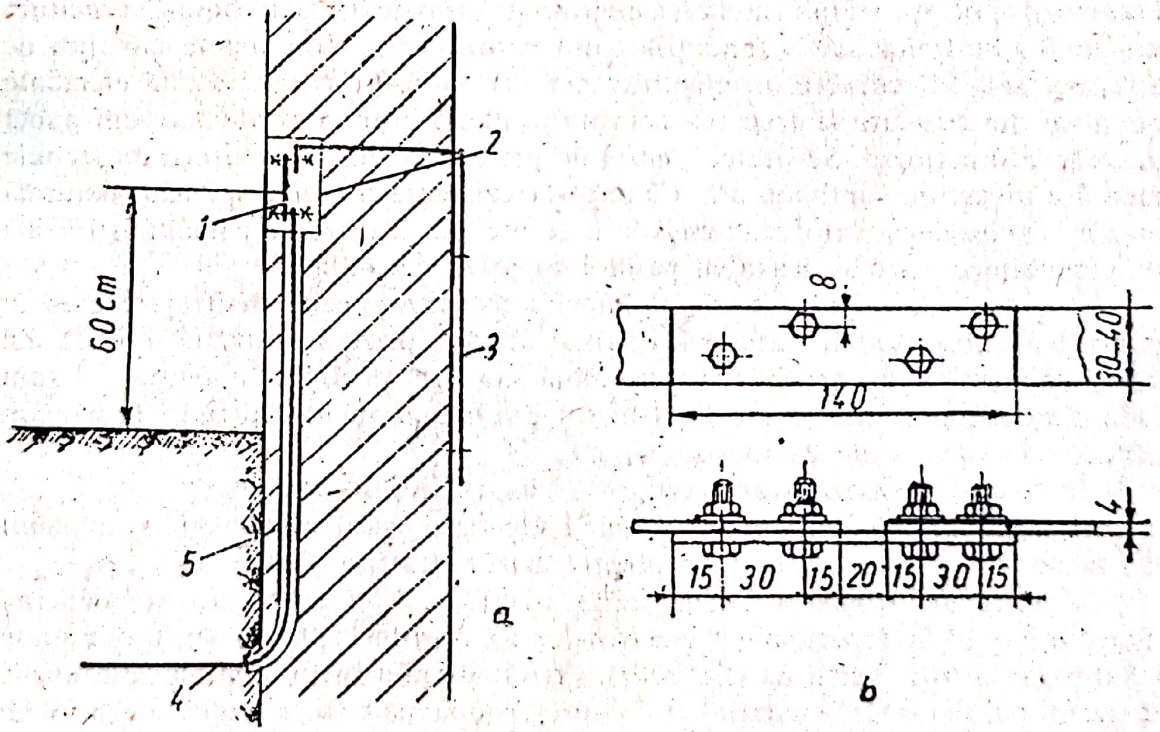


Fig. 8.8. **Montarea piesei de separație într-o cutie specială pe fațada construcției (*a*) și detaliu constructiv (*b*):**

1 — piesa de separație; *2* — cutia pentru piesa de separație; *3* — legătura de la rețeaua generală de legare la pământ; *4* — legătura către priza de pământ; *5* — țeavă pentru protecția legăturii.

Scanned with OKEN Scanner

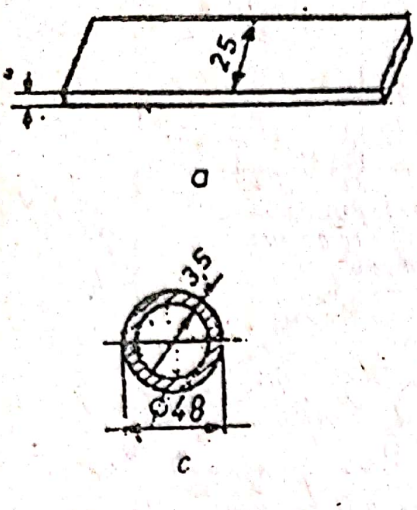


Fig. 8.9. **Dimensiunile minime ale electrozilor din OL-Zn:**
a — bandă; *b* — oţel rotund; *c* — ţeavă; *d* — oţel cornier.

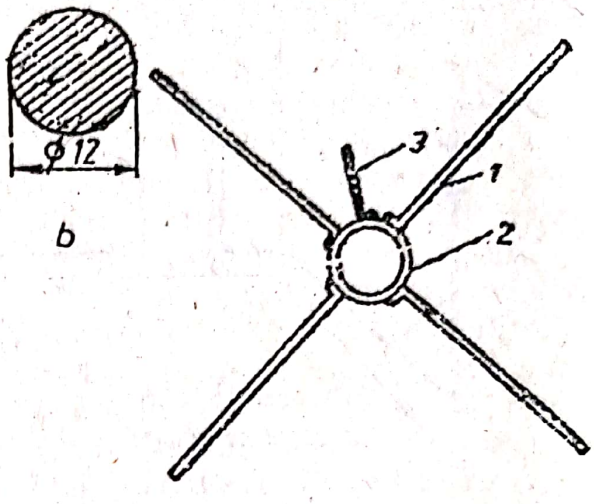


Fig. 8. 10. **Priză de pământ orizontală (cu electrozi din bandă) din OL-Zn.:**
1 — electrod; *2* — element de legătură între electrozi; *3* — legătură la reţeaua generală de legare la pământ.

Clasificare. Prizele de pământ pot fi *naturale* şi *artificiale.*

— *prizele de pământ naturale* reprezintă părţi din construcţii sau instalaţii subterane, bune conducătoare de electricitate, aflate în contact permanent cu solul şi care pot fi folosite pentru trecerea în pământ a curenţilor de defect. Electrozii pot fi: stâlpii metalici îngropaţi în pământ sau beton, armătura metalică a stâlpilor sau a fundaţiilor din beton armat, conductele metalice de apă rece sau de scurgere, învelişurile metalice ale cablurilor sau alte elemente metalice din sol care la trecerea curentului electric nu sunt afectate din punct de vedere funcţional. Se preferă astfel de prize de pământ deoarece nu trebuie făcută o investiţie suplimentară. Când însă rezistenţa prizei de pământ naturală este mai mare decât valoarea admisibilă, se prevede o priză de pământ artificială de completare, care se leagă în paralel cu priza naturală;

— *prizele de pământ artificiale* sunt construite special pentru trecerea în pământ a curenţilor de defect. Electrozii acestor prize se execută din OL-Zn sub formă de bandă, ţeavă, foaie de tablă sau oţel profilat. În figura 8.9 sunt date dimensiunile minime ale electrozilor din OL-Zn pentru prizele de pământ utilizate în instalaţiile de joasă tensiune.

În funcţie de poziţia de montare a electrozilor se deosebesc:

— *prize de pământ orizontale,* când electrozii sunt amplasaţi la cel mult 0,8 m de la suprafaţa solului, în poziţie orizontală (fig. 8.10);

— *prize de pământ verticale,* când electrozii sunt amplasaţi la adâncimi mai mari (partea superioară a electrozilor se va afla la 0,8 m de la suprafaţa solului), în poziţie verticală (fig. 8.11). Prizele de pământ orizontale se folosesc frecvent pe perioada execuţiei de şantier, după care se înlocuiesc cu prize verticale. Electrozii prizelor verticale se introduc în sol prin batere, de aceea capetele acestora se ascut, ca în figura 8.12. Baterea se face manual, cu ciocane de 5 kg sau cu dispozitive mecanice. Pe tot timpul baterii electrozii vor fi susţinuţi cu ajutorul unor cleşti speciali, cu mânere lungi.

Scanned with OKEN Scanner

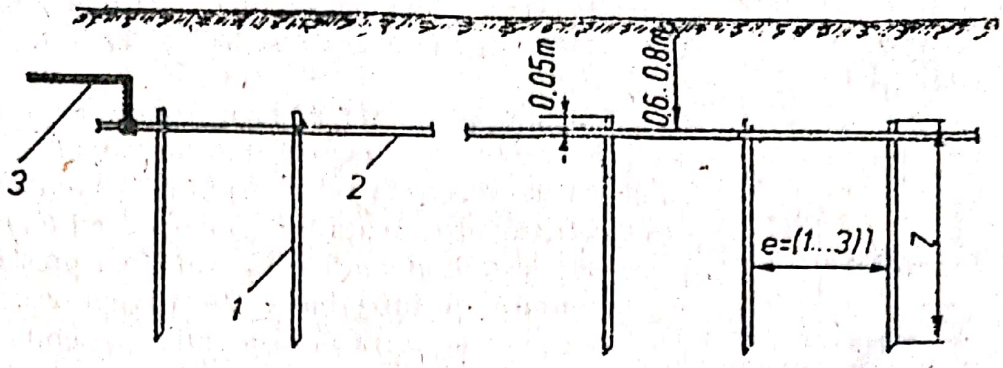


Fig. 8.11. **Priză de pământ verticală (cu electrozi din ţeavă din OL-Zn);** *1* — electrod; *2* — element de legătură între electrozi; *3* — legătură la reţeaua generală de legare la pământ.

Calculul prizei de pământ

Rezistenţa unei prize formată dintr-un singur electrod (priză singulară) *orizontal,* din platbandă de OL-Zn 40 × 4 mm^2 şi amplasat la 0,8 m de la suprafaţa solului, este dată de relaţia:

$$r_0 = 0{,}732 \frac{\rho}{l} \log \frac{l}{4}, \tag{8.4}$$

unde:

ρ este rezistivitatea solului, în Ω cm;

l — lungimea electrodului, în cm.

Rezistenţa unei prize formată dintr-un singur electrod vertical, din ţeavă din OL-Zn cu diametrul de 2" (simbolul pentru unitatea de măsură pentru lungime „ţol") lungimea de 3 m şi amplasat ca în figura 8.11, este dată de relaţia:

$$r_v = 26 \cdot 10^{-4} \rho. \tag{8.5}$$

Rezistenţa unei prize de pământ formată din mai mulţi electrozi (priză multiplă) este dată de relaţia:

$$R_p = \frac{r_s}{un}, \tag{8.6}$$

unde:

r_s este rezistenţa unei prize singulare;

n — numărul de electrozi ai prizei;

u — factorul de utilizare a prizei.

Factorul de utilizare este indicat (în tabele) în funcţie de numărul de electrozi, distanţa dintre doi electrozi consecutivi, modul de aşezare a electrozilor (pe un contur deschis sau închis) şi tipul prizei (orizontală sau verticală).

Rezistenţa electrică a unei prize de pământ mixte, compusă atât din electrozi verticali cât şi orizontali (care fac legătura între electrozi verticali, v. fig. 8.11), este dată de relaţia:

$$R_{pp} = \frac{R_v R_0}{R_v + R_0}, \tag{8.7}$$

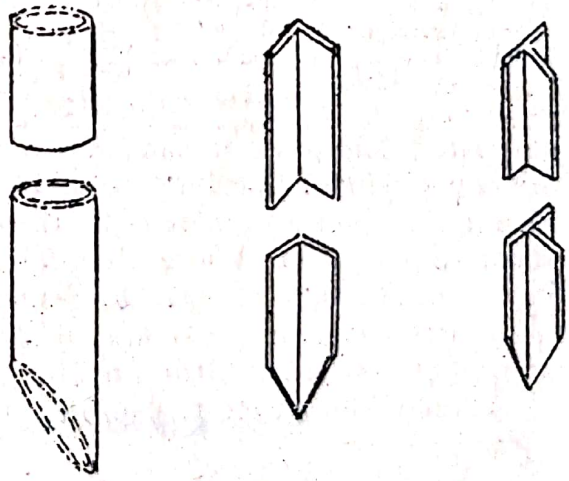


Fig. 8.12. **Electrozi pregătiţi pentru batere.**

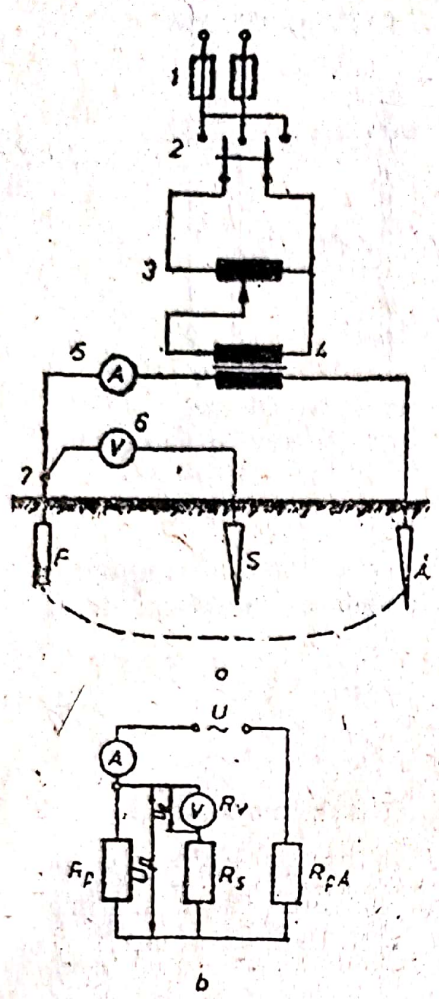


Fig. 8.13 **Montajul pentru măsurarea rezistenței prizei de pământ.**
a — schema de conectare a aparatelor; *b* — schema echivalentă; *1* — siguranțe; *2* — întreruptor inversor; *3* — autotransformator de reglare; *4* — transformator de separare; *5* — ampermetru; *6* — voltmetrú; *7* — piesă de separație pentru verificări.

unde R_s și R_v sunt rezistențele prizelor multiple verticală și orizontală, ce se calculează cu relația (8.6).

Calculul prizei de pământ constă în a aplica relațiile (8.5) ... (8.7) pentru diferite valori ale lui n (numărul de electrozi verticali) și e (distanța dintre doi electrozi verticali apropiați) până când rezistența prizei R_{pp} este mai mică decât valoarea prescrisă.

Montare și întreținere. În timpul executării prizei de pământ verticale o atenție deosebită se va acorda îmbinărilor dintre electrozi și elementele de legătură dintre acestea. Îmbinările se vor executa prin sudură, după ce anterior locul a fost curățit până la luciu metalic cu peria de sârmă. Îmbinarea este apoi protejată, împotriva agenților din sol, prin acoperirea cu smoală topită.

Deoarece rezistivitatea solului se modifică în timp, sau elementele prizei de pământ se pot deteriora, periodic prizei de pământ i se măsoară rezistența electrică. Pentru măsurarea acesteia se utilizează în mod curent *metoda ampermetrului și a voltmetrului*. Montajul este arătat în figura 8.13. Pentru a se măsura rezistența prizei de pământ *P* se mai utilizează încă două prize: una notată cu *A* (*priză auxiliară* sau *priză de curent*) și una notată cu *S* (*priză-sondă* sau *priză de potențial*). Priza auxiliară trebuie amplasată la mare distanță de priza de pământ *P*, iar rezistența ei nu trebuie să depășească 10 Ω. Priza-sondă poate avea o rezistență mai mare dar trebuie amplasată la distanță mare de cele două prize (în zona de potențial nul a acestora). De exemplu, pentru priza auxiliară se poate utiliza priza unui post de transformare care nu se află sub tensiune, aflată până la câțiva kilometri de priza *P*. Legătura electrică între acestea se poate face prin intermediul unui conductor al unei linii electrice aeriene scoasă de sub tensiune. Pentru priza-sondă se poate folosi priza de pământ a unui stâlp de susținere a unei linii electrice aeriene (aflată în jumătatea distanței dintre prizele *P* și *A*). Alimentarea se face de la o sursă de curent alternativ, prin intermediul transformatorului de separare (cu tensiunea secundară de 12—64 V), sau de la un mic grup generator de curent alternativ. Reglarea tensiunii și a intensității se face cu autotransformatorul 3. Deoarece rezistența prizei de pământ *P* are o valoare mică, montajul se face cu ampermetrul în amonte.

Potențialul prizei de pământ este dat de relația:

$$U_p = U_v \left(1 + \frac{R_s}{R_v}\right), \qquad (8.8)$$

Scanned with OKEN Scanner

unde:

U_v este tensiunea indicată de voltmetru;

R_s — rezistența sondei (care se cunoaște);

R_v — rezistența interioară a voltmetrului (care de asemenea este cunoscută).

Pentru aflarea rezistenței prizei de pământ P se fac trei măsurări:

— se deconectează sursa de alimentare și se citește indicația voltmetrului (U_0), care va reprezenta tensiunea perturbatoare dată de curenții vagabonzi din sol;

— se conectează sursa de alimentare și se citește indicația U_1 a voltmetrului și valoarea curentului prin priza de pământ I_p, indicată de ampermetru;

— se inversează polaritatea sursei de alimentare cu ajutorul inversorului 2, se reglează curentul prin priza de pământ cu ajutorul transformatorului 3 până ce acesta capătă aceeași valoare ca și în cazul măsurării precedente. Se citește indicația U_2 a voltmetrului. Valoarea rezistenței prizei de pământ P este dată de relația:

$$R_p = \frac{1}{I_p}\sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2}{2} - U_0^2}, \tag{8.9}$$

unde I_p, U_1, U_2 și U_0 au semnificațiile arătate.

Înainte de a se măsura rezistența prizei de pământ P, toate piesele de separație aflate pe legăturile către rețeaua generală de legare la pământ se desfac. Dacă rezistența măsurată este mai mică decât cea admisibilă pentru priza de pământ, atunci aceasta se repune în funcțiune prin conectarea pieselor de separație. Dacă rezistența prizei de pământ este mai mare decât cea necesară, priza se completează cu electrozi până ce rezistența ei ajunge la valoarea dorită.

b. Protecția prin legare la nulul de protecție

Aceasta este metoda de bază ce se adoptă împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă în rețelele cu neutrul legat la pământ. Conductorul de nul de protecție se execută numai din cupru și se leagă la priza de pământ de exploatare (la care se leagă neutrul rețelei trifazate) a postului de transformare.

Principiul metodei este ilustrat în figura 8.14. Motorul trifazat m este legat la rețea, iar carcasa metalică a acestuia este legată la conductorul de nul

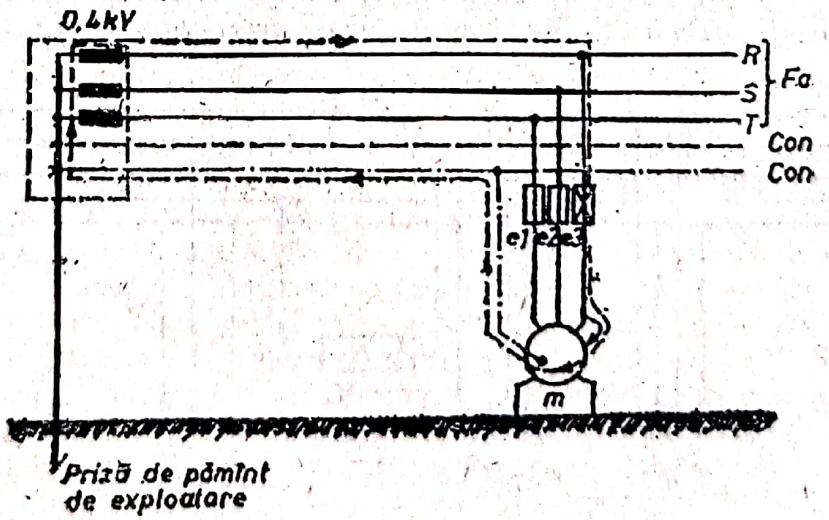


Fig. 8.14. Principiul metodei de protecție împotriva tensiunilor accidentale de atingere, prin legare la nulul de protecție.

de protecţie. Dacă se produce un defect de izolaţie şi unul din conductoarele de fază (se exemplifică în figura 8.14 pentru faza R) ajunge în contact cu carcasa metalică a motorului, se stabileşte un circuit electric astfel: faza R, locul defect, carcasa motorului, *conductorul de nul de protecţie,* neutrul reţelei şi faza R. Curentul prin acest circuit are mărimea:

$$I = \frac{U_f}{R_f + R_{np}}, \tag{8.10}$$

unde U_f = 220 V este tensiunea de fază, iar R_f şi R_{np} sunt rezistenţele conductoarelor de fază şi respectiv de nul de protecţie. Chiar dacă distanţa dintre postul de transformare şi motor este de ordinul sutelor de metri, rezistenţele R_f şi R_{np} au valori mici (aproximativ 1—2 Ω). Rezultă că valoarea curentului de defect I_d este mare (100—200 A), ceea ce face să se topească firul fuzibil al siguranţei de pe faza defectă (siguranţa e_3 din figura 8.14). În felul acesta, carcasa motorului este scoasă de sub tensiune şi pericolul de electrocutare prin atingerea acesteia dispare.

În figura 8.14 este reprezentat un al cincilea conductor *(conductor de nul de lucru).* Este foarte important ca cele două conductoare de nul să nu fie confundate între ele. Conductorul de nul de lucru se utilizează numai pentru alimentarea receptoarelor monofazate, iar conductorul de nul de protecţie numai pentru legarea părţilor metalice care în mod accidental ar putea ajunge sub tensiune (fig. 8.15). În figura 8.15 se indică modul corect cum trebuie utilizate conductoarele de nul de lucru şi de protecţie. Motoarele trifazate m_1 şi m_2 sunt legate la cele trei faze ale reţelei (R, S şi T) şi părţile metalice ale acestora la conductorul de nul de protecţie. Cuptorul monofazat c este legat la faza T şi la conductorul de nul de lucru, iar carcasa metalică a sa la conductorul de nul de protecţie. Priza monofazată p este legată la faza S şi la nulul de lucru, iar contactul său de protecţie la conductorul de nul de protecţie.

În practică, de la transformator până la cofretul (sau tabloul general) clădirii, reţeaua este formată din patru conductoare (fig. 8.16): cele trei conductoare de fază şi un conductor de nul care este comun pentru nulul de lucru şi pentru nulul de protecţie. La cofret (sau la tabloul general), nulul de protecţie şi nulul de lucru se separă între ele (fig. 8.16).

Pentru ca protecţia să fie eficientă, *rezistenţa electrică a conductorului de nul de protecţie trebuie să fie aleasă încât siguranţa fuzibilă* (sau releele

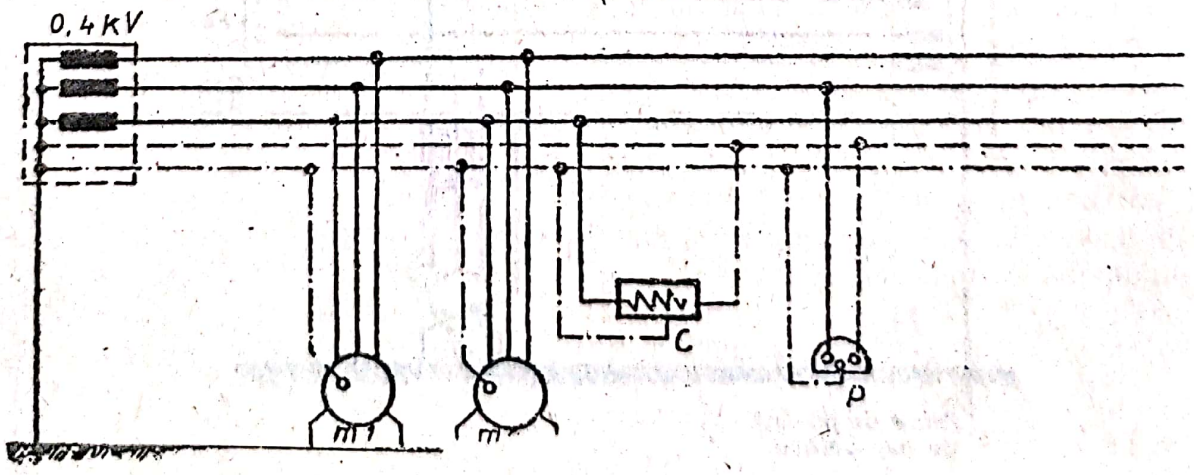


Fig. 8.15. Utilizarea corectă a conductoarelor de nul de lucru şi nul de protecţie.

Scanned with OKEN Scanner

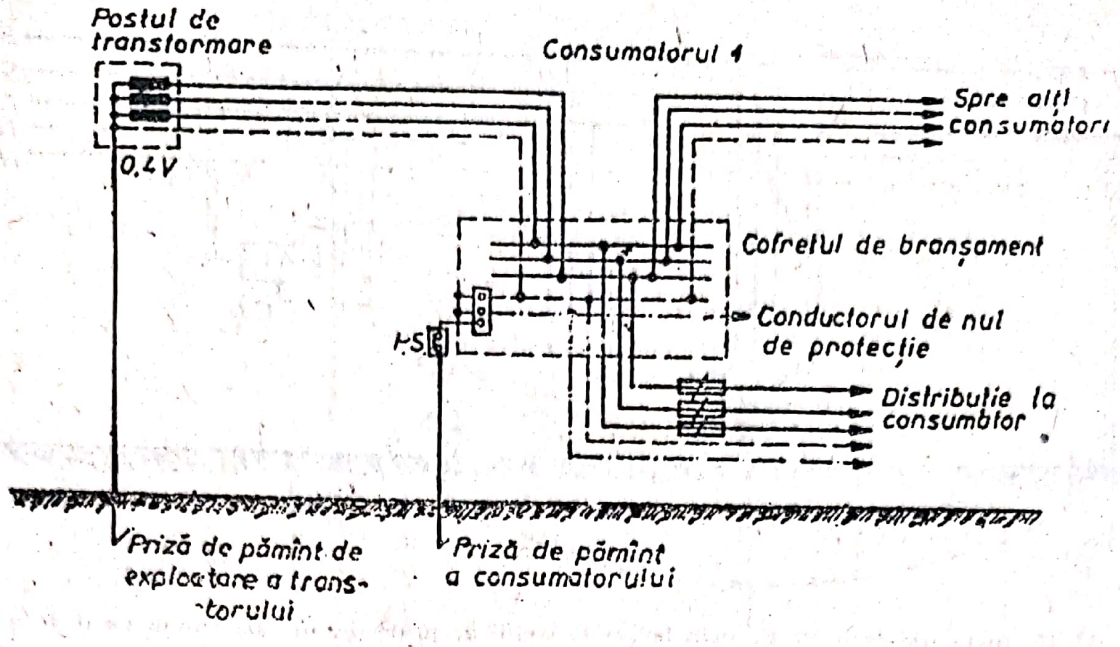


Fig. 8.16. **Formarea nulului de protecție la consumator, când postul de transformare este la depărtare.**

electromagnetice ale întreruptoarelor automate) *să deconecteze într-un timp mai mic decât 0,2 s. Conductorul de nul de protecție se execută din cupru,* pentru a avea şi o rezistenţă mecanică bună. Secţiunile minime ale conductorului de nul de protecţie se aleg din tabele în funcţie de condiţiile sale de montare şi de secţiunea şi materialul conductorului de fază.

În instalaţiile interioare, *conductorul de nul de protecţie este îmbrăcat în izolaţie de culoare roşie,* pentru a se deosebi de conductorul de nul de lucru, pentru care izolaţia se execută de culoare albă sau cenuşie.

Pe toată lungimea sa, *conductorul de nul de protecţie se înnădeşte numai prin sudare, cositorire sau prin şuruburi asigurate împotriva autodesfacerii.* Şi din acest punct de vedere se deosebeşte de conductorul de nul de lucru care se înnădeşte prin intermediul clemelor de legătură.

Pe toată lungimea sa, *pe conductorul de nul de protecţie nu se montează siguranţe fuzibile* deoarece întreruperea acestuia (prin topirea fuzibilului) ar putea genera accidente foarte grave. Acest lucru se poate constata din figura 8.17 în care conductorul de nul de protecţie este întrerupt în punctul A, iar la motorul m_1 există un defect de izolaţie (în D). Din cauza defectului de izolaţie, carcasa motorului m_1 se va afla la potenţialul fazei defecte (faza R). Prin intermediul conductorului de nul de protecţie, carcasa motorului m_2, carcasa cuptorului monofazat e_1 etc. se vor afla la potenţialul fazei R, fără ca la acestea să se fi produs un defect de izolaţie. Din această cauză, dacă omul pune mâna pe oricare din carcasele sau stelajele metalice legate la acest nul de protecţie este electrocutat. În figura 8.17 este arătat circuitul curentului de electrocutare când omul pune mâna pe carcasa metalică a motorului m_2 şi stă cu picioarele pe o pardoseală bună conducătoare de electricitate în contact cu pământul.

Şi din acest punct de vedere, conductorul de nul de protecţie se deosebeşte de cel de nul de lucru deoarece pe acesta din urmă se pot monta siguranţe fuzibile. Întreruperea conductorului prin topirea fuzibilului are drept consecinţă întreruperea funcţionării receptorului legat la acest conductor.

Pentru a asigura instalaţia şi în cazul (improbabil) al întreruperii nulului de protecţie, *protecţia prin legare la conductorul de nul de protecţie se dublează*

Scanned with OKEN Scanner

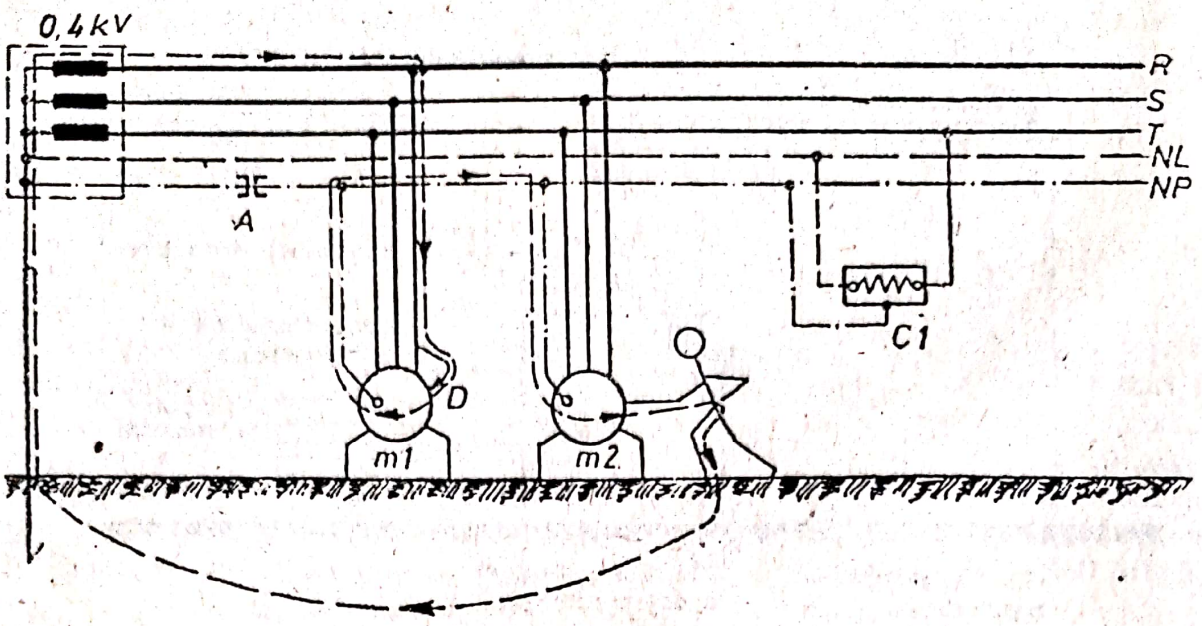


Fig. 8.17. **Instalaţie de protecţie prin legare la nulul de protecţie, în care conductorul de nul de protecţie s-a întrerupt.**

prin legare la pământ (în acest caz, legarea la pământ se adoptă ca metodă suplimentară de protecţie). Legarea corectă a părţilor metalice, ce în mod accidental pot fi puse sub tensiune, se va face la conductorul de nul de protecţie şi la pământ ca în figura 8.18. În cazul întreprinderilor industriale mari, ce au mai multe corpuri de clădire, se execută de regulă mai multe prize de pământ. Este obligatoriu ca toate aceste prize de pământ să fie legate între ele prin conductorul de legare generală la pământ (fig. 8.19).

În timpul exploatării instalaţiilor electrice, se va urmări periodic ca instalaţia de protecţie prin legare la nulul de protecţie să se afle în perfectă stare. Pentru aceasta se vor controla periodic punctele de înnădire de pe traseul conductorului de nul de protecţie, expuse mai des la lovituri mecanice, la

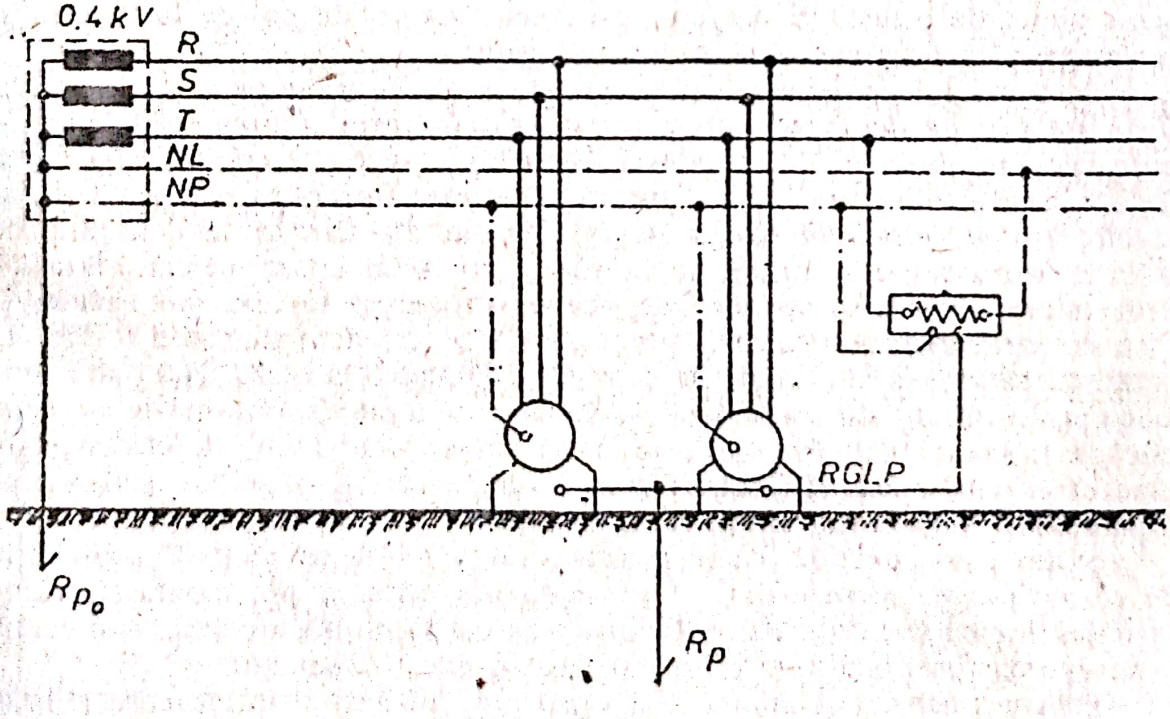


Fig. 8.18. **Legarea la conductorul de nul de protecţie şi la pământ.**

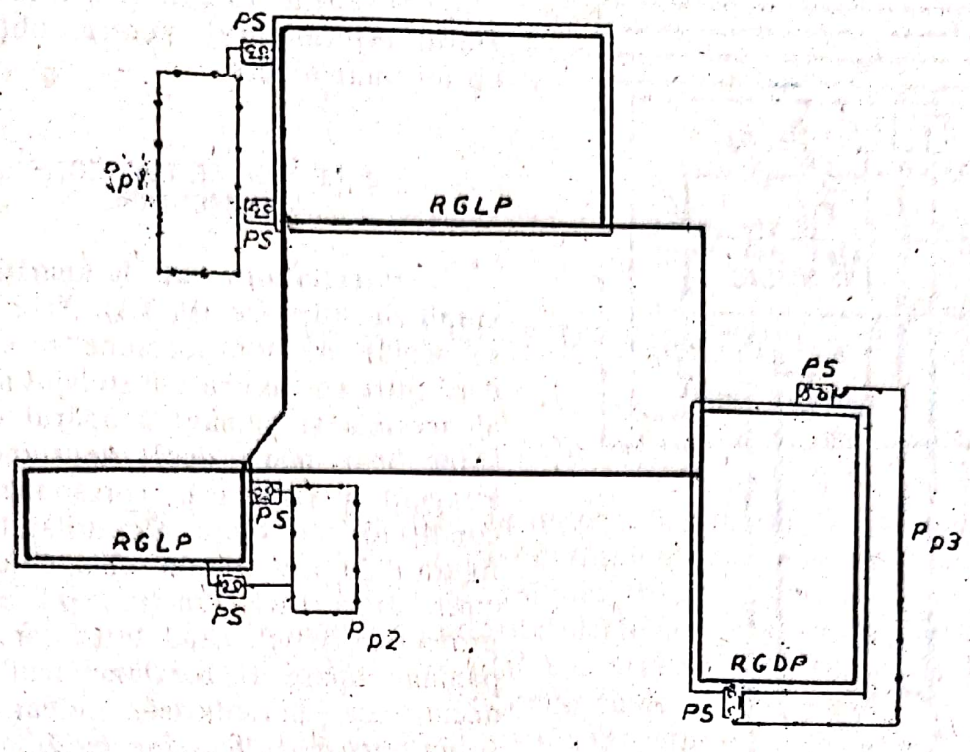


Fig. 8.19. Legarea corectă la pământ în cazul în care sunt utilizate mai multe prize de pământ.

trepidaţii etc. De regulă, acestea sunt punctele de legătură din tabloul electric şi cel dintre conductorul de nul de protecţie şi părţile metalice la care se leagă. După verificarea acestora, se vor simula unul sau mai multe defecte de izolaţie la câteva din maşinile sau aparatele electrice ale instalaţiei. Dacă deconectarea este instantanee, se consideră că instalaţia de protecţie prin legare la nulul de protecţie funcţionează corect.

c. Protecţia prin folosirea tensiunii reduse

Utilizarea tensiunilor reduse pentru alimentarea receptoarelor electrice constituie o metodă de protecţie pentru om împotriva electrocutării prin atingere indirectă, deoarece o dată cu tensiunea de utilizare va scădea şi tensiunea de atingere, în cazul unui defect. În tabelul 8.1 sunt indicate valorile admisibile ale tensiunii de atingere. Dacă tensiunea de utilizare a receptorului este sub valoarea admisibilă, pericolul de electrocutare practic nu există. De regulă, utilizarea tensiunilor reduse este reglementată prin norme. Cele mai frecvente utilizări le au tensiunile de:

— 12 V pentru corpuri de iluminat portative, manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase;

— 24 V pentru unelte portative (maşini de găurit, freze, polizoare) manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase;

— 42 V pentru unelte portative, dar prevăzute cu o izolaţie electrică suplimentară, manevrate în locuri periculoase şi foarte periculoase.

Tensiunile reduse se obţin cu ajutorul transformatoarelor speciale. Acestea au între primar şi secundar un ecran metalic ce se leagă obligatoriu la conductorul de nul de protecţie sau la pământ (în funcţie de tipul reţelei electrice de alimentare). Deoarece izolarea electrică între primar şi secundar

Scanned with OKEN Scanner

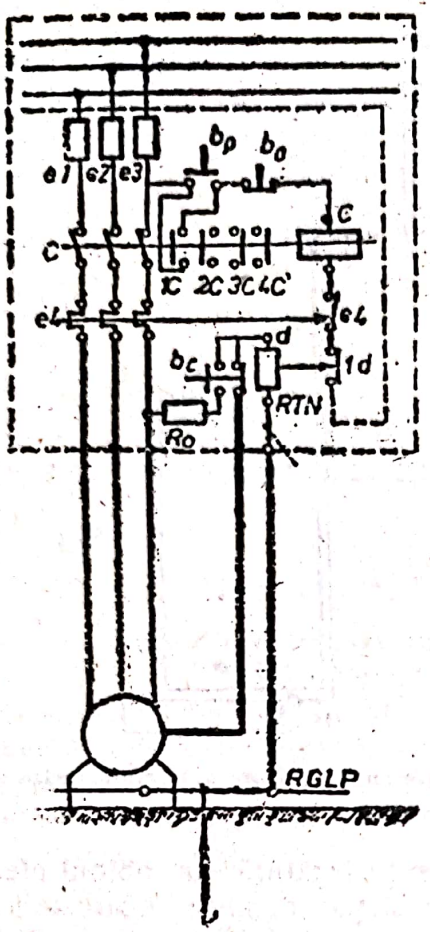


Fig. 8.20. **Protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere.**

este obligatorie, este interzis a se utiliza autotransformatorul pentru obţinerea de tensiuni reduse.

2. NETODE DE PROTECŢIE SUPLIMENTARE

Protecţia automată la apariţia tensiunii de atingere (PATA). Prin *PATA* se scoate de sub tensiune receptorul dacă între carcasa sa sau stelajul metalic al acesteia şi pământ a apărut o tensiune mai mare decât tensiunea de atingere periculoasă, corespunzătoare condiţiilor de lucru ale utilajului. În figura 8.20 este arătată schema de principiu după care funcţionează această protecţie. Astfel, când între carcasă şi pământ apare o tensiune mai mare decât cea periculoasă, releul *RTN* (numit *releu de tensiune nulă*) desface contactul *NÎ 1d* din circuitul bobinei contactorului *C*. În felul acesta, contactorul *C* îşi deschide contactele principale, scoţând de sub tensiune receptorul defect. Pentru a verifica din când în când buna funcţionare a instalaţiei este prevăzut butonul de control b_c. Prin apăsarea acestuia se deconectează releul *RTN* din circuitul carcasă-pământ şi se contactează între faza *R* şi pământ. Rezistenţa R_0 din acest circuit are rolul de a limita tensiunea pe releu, pentru a corespunde valorii tensiunii de atingere periculoase. La apăsarea pe butonul b_c, instalaţia trebuie să deconecteze receptorul de la reţea. Dacă aceasta nu se produce, se caută defectul care poate fi:

— desfacerea unei legături electrice din circuitul *RTN*;
— blocarea releului;
— oxidarea contactelor electrice ale releului sau ale butonului b_c.

Metoda este utilizată ca metodă suplimentară în protecţia omului împotriva electrocutării prin atingere indirectă, atunci când se utilizează ca metodă de bază legarea la pământ.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 9

INSTALAŢII ELECTRICE DE CURENŢI SLABI

A. GENERALITĂŢI

Prin **instalaţii de curenţi slabi**, se înţeleg, în general, instalaţiile electrice *care sunt parcurse de curenţii de intensitate relativ mică în raport cu cei ce parcurg instalaţiile de lumină sau de forţă.* Intensitatea scăzută a curentului se datoreşte în special puterii receptoarelor din astfel de instalaţii, care este mică. Totuşi, denumirea este improprie deoarece şi aceste instalaţii pot fi parcurse de curenţi mari, mai ales atunci când sunt alimentate cu tensiune redusă.

Principalele tipuri de instalaţii care sunt cuprinse sub această denumire sunt:

— *instalaţiile pentru semnalizări acustice şi optice* (ca exemple pot fi date: instalaţiile de sonerii, pentru chemarea şi căutarea de persoane, de avertizare a unei situaţii anormale în construcţie etc.);

— *instalaţiile electrofonice* (ca exemple pot fi date: instalaţiile de telefonie, de radioficare, de radioamplificare etc.);

— *instalaţiile de ceasuri electrice.*

B. INSTALAŢII PENTRU SEMNALIZĂRI ACUSTICE ŞI OPTICE

Acestea sunt cele mai răspândite instalaţii de curenţi slabi. Dintre acestea fac parte:

— *instalaţiile de sonerii;*

— *instalaţiile pentru chemarea de persoane* (în hoteluri, spitale);

— *instalaţiile pentru semnalizarea unei situaţii anormale în construcţie* (apariţia unui incendiu etc.) sau *într-o situaţie limită* (depăşirea temperaturii maxime admise, depăşirea presiunii maxime admise, scăderea temperaturii sau a presiunii sub o limită inferioară admisă etc.).

1. INSTALAŢII DE SONERII

Acestea au rolul de a produce un semnal acustic pe cale electrică. Cea mai simplă instalaţie de sonerie (fig. 9.1) este compusă din:

— transformatorul electric, care are rolul de a reduce tensiunea reţelei de 220 V (sau 120 V) la tensiunea de 3; 5; 8 V;

— clopotul electric care are rolul de a transforma energia electrică în energie acustică uşor de perceput de om;

Scanned with OKEN Scanner

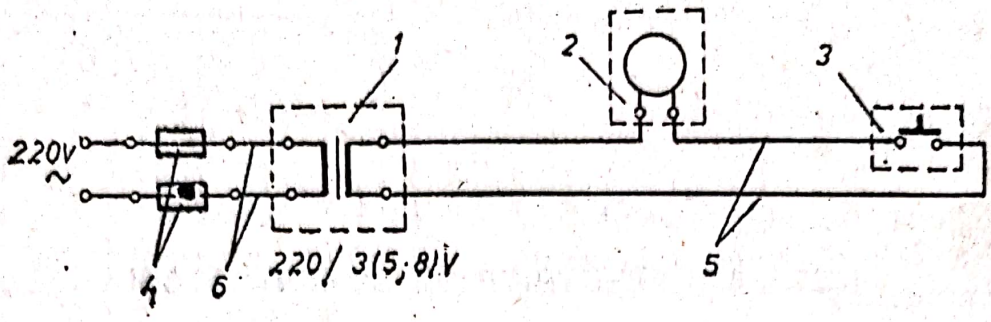


Fig. 9.1. **Instalaţie de sonerie:**
1 — transformator electric; *2* — clopot; *3* — buton de acţionare; *4* — siguranţe fuzibile; *5* — conducte electrice de tensiune redusă; *6* — conducte electrice la tensiunea de 220 V (sau 120 V).

— butonul de acţionare, care are rolul de a închide circuitul electric al clopotului;

— conducte electrice pentru circuitul de tensiune redusă;

— conducte electrice pentru legarea la reţeaua electrică de 220 V (sau 120 V).

Instalaţia de sonerie este prevăzută cu siguranţe fuzibile, montate pe conductele de legare la reţeaua de 220 V (sau 120 V), pentru a asigura protecţia la scurtcircuit.

Instalaţia de sonerie astfel descrisă de utilizează frecvent în apartamentele de locuinţe. Alimentarea soneriei se face dintr-un circuit de priză. Siguranţele fuzibile, transformatorul şi clopotul electric se montează în apartament pe placa tabloului electric (fig. 9.2). Butonul de acţionare se montează pe perete în exteriorul apartamentului, lângă uşa de intrare. Conductele electrice până la buton sunt conducte din cupru sau aluminiu, izolate cu masă plastică (*TY* 0,8). Ele se introduc într-un tub de protecţie de masă plastică (*IPY*) care se montează îngropat în perete sau în tencuiala acestuia. În cazul în care instalaţia de sonerie se execută ulterior instalaţiei electrice din apartament, transformatorul şi clopotul se montează lângă tabloul electric pe o placă de lemn sau alt material izolator.

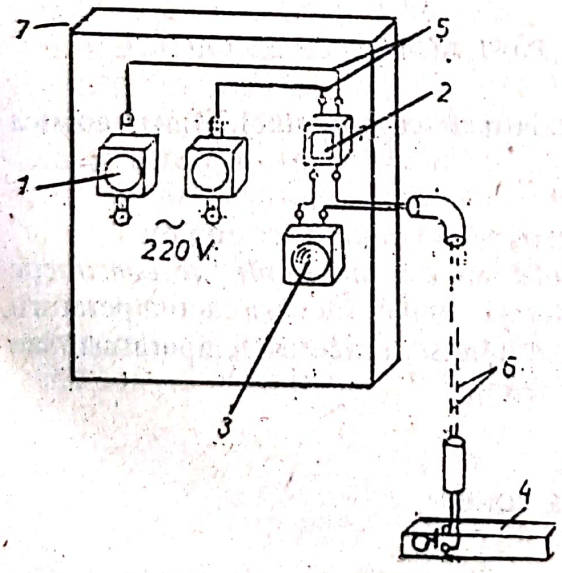


Fig. 9.2. **Montarea instalaţiei de sonerie:**
1 — siguranţe fuzibile; *2* — transformator; *3* — clopot; *4* — buton; *5* — conducte electrice de legătură în tabloul electric; *6* — conducte dielectrice montate în tub de protecţie şi îngropate în perete; *7* — placa tabloului electric.

Soneria electrică (fig. 9.3) este formată dintr-un electromagnet de curent alternativ, care are două bobine *1*, un miez de fier *2*, o lamelă elastică metalică *3* (care are la vârf un mic ciocănel) şi un clopot metalic *4*. Când electromagnetul este parcurs de curent, lamela elastică *3* vibrează şi loveşte clopotul *4*, provocând un semnal acustic. Sunetul poate fi schimbat ca intensitate prin modificarea distanţei dintre ciocănelul lamelei *3* şi clopotul *4*. Aceasta se face prin strângerea sau slăbirea şurubului de fixare al clopotului.

Toate aceste piese se montează pe un suport de ebonită *5*, care este prevă-

Scanned with OKEN Scanner

zut cu nişte urechi de prindere 6. Legăturile electrice la înfăşurarea electromagnetului se fac la bornele 7.

Schema electrică monofilă a unei instalaţii de sonerie de apartament este arătată în figura 9.4.

În cazul locuinţelor cu puţine apartamente, soneriile pot fi acţionate din două locuri (fig. 9.5); de la uşa de intrare în clădire (unde pe o placă se află toate butoanele pentru apartamentele din aceasta) şi de la uşa fiecărui apartament. Pentru astfel de instalaţii, care de regulă au o întindere mică se montează un singur transformator de sonerie. Acesta se montează în tabloul de lumină comun pentru apartamente. În ultimul timp, clopotul electric este înlocuit în apartamente, cu o sonerie muzicală.

Instalaţiile de sonerii se mai utilizează frecvent în şcoli, institute de învăţământ superior, cămine, internate etc. În aceste cazuri toate soneriile sunt

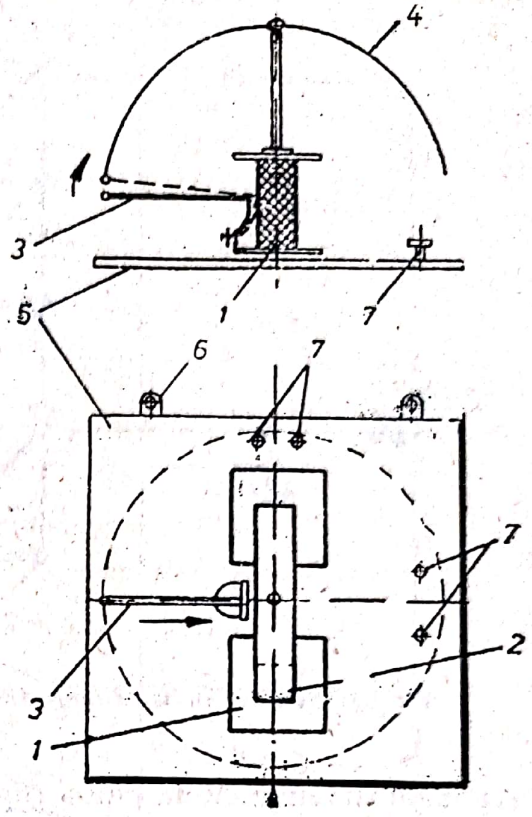


Fig. 9.3. **Sonerie electrică.**

Fig. 9.4. **Schema electrică unifilară a unei instalaţii de sonerie de apartament.**

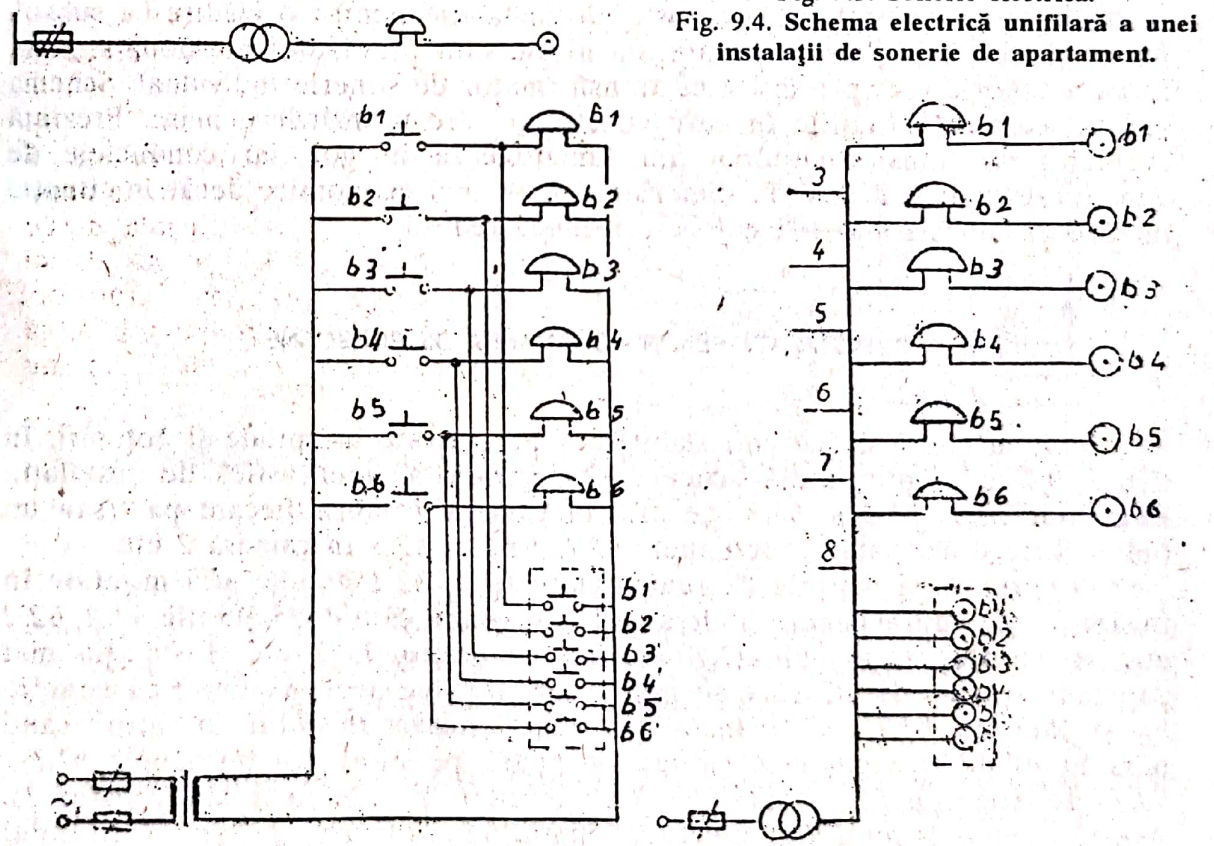


Fig. 9.5. **Schema electrică a unei instalaţii de sonerii pentru o locuinţă cu şase apartamente:** *a* — schema multifilară; *b* — schema unifilară; $h_1 ... h_6$ — soneriile din apartamente; $b_1 ... b_6$ — butoanele de la intrarea în apartamente; $b_1' ... b_6'$ — butoanele de la intrarea în clădire (la uşa de intrare).

Scanned with OKEN Scanner

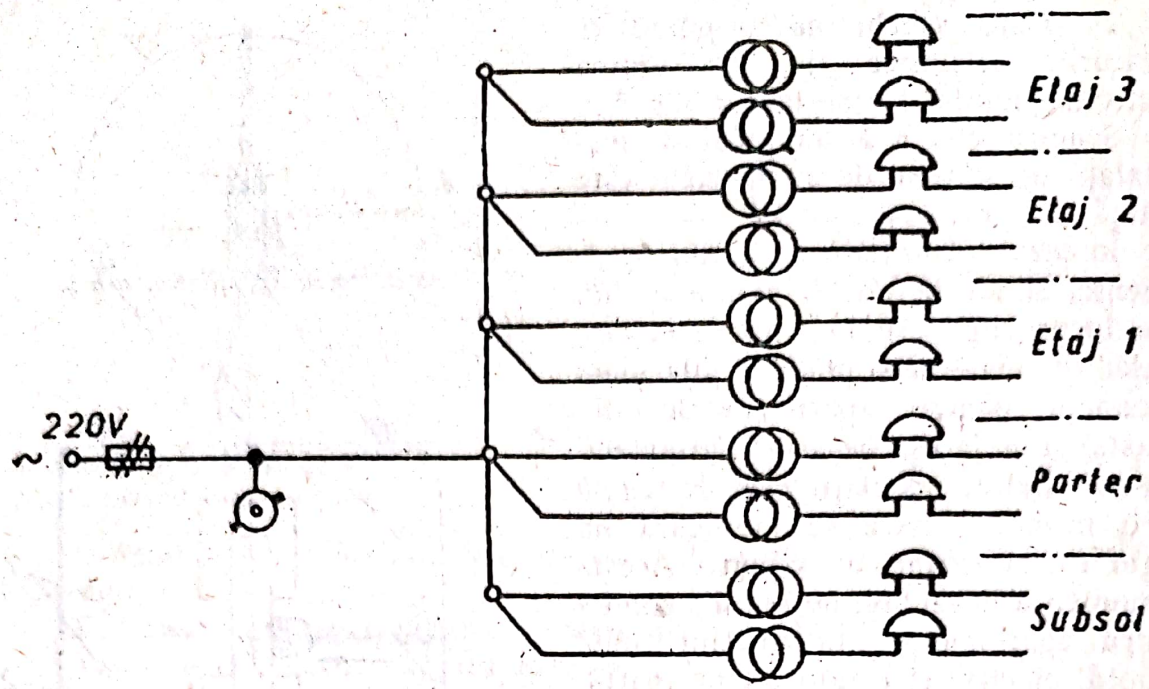


Fig. 9.6. Schema electrică monofilară a unei instalaţii de sonerii dintr-o şcoală.

acţionate simultan de un buton (fig. 9.6). Aceasta se amplasează pe conductele de 220 V în secretariate, în camera personalului de supraveghere sau de pază. În figura 9.6 este prezentată o astfel de instalaţie pentru o clădire cu subsol, parter şi trei etaje. Pentru fiecare din nivele sunt prevăzute câte două sonerii. Fiecare sonerie este prevăzută cu transformator de sonerie individual. Schema se utilizează în situaţiile în care construcţia are o întindere mare. Prezintă avantajul că transformatoarele nu funcţionează în gol, iar conductele de alimentare pentru 220 V au dimensiuni mult mai economice decât în situaţia în care distribuţia s-ar fi făcut pe tensiunea redusă.

2. INSTALAŢII PENTRU CHEMAREA DE PERSOANE

Sunt instalaţii de curenţi slabi frecvent utilizate în spitale şi hoteluri. În figura 9.7 este prezentată schema desfăşurată a unei astfel de instalaţii. Butoanele *b1.1*, *b1.2* şi *b1.3* se află în camera *1* lângă fiecare pat (sau un buton între două paturi), butoanele *b2.1*, *b2.2* şi *b2.3* în camera *2* etc.

Soneria h_0 şi lămpile de semnalizare *h1.1*, *h2.1* etc. se află montate în încăperea de supraveghere unde se află persoana căutată. Lămpile *h1.2*, *h2.2* etc. se montează pe culoar, deasupra camerelor *1*, *2* etc. Instalaţia mai cuprinde releele *d1*, *d2* care se găsesc montate pe acelaşi panou cu soneria h_0 şi lămpile *h1.1*, *h2.1*. Instalaţia funcţionează în felul următor: când personalul de serviciu este căutat, se apasă pe unul din butoanele *b1.1*... *b2.3*, de exemplu *b2.2* (buton ce este montat în camera *2* lângă patul *2*). Aceste butoane sunt duble, efectuând simultan contactele *1-2* şi *2-3*. Butonul *b2.2* stabileşte următoarele circuite:

---

* S-au folosit semnele convenţionale şi notaţiile din capitolul 1.

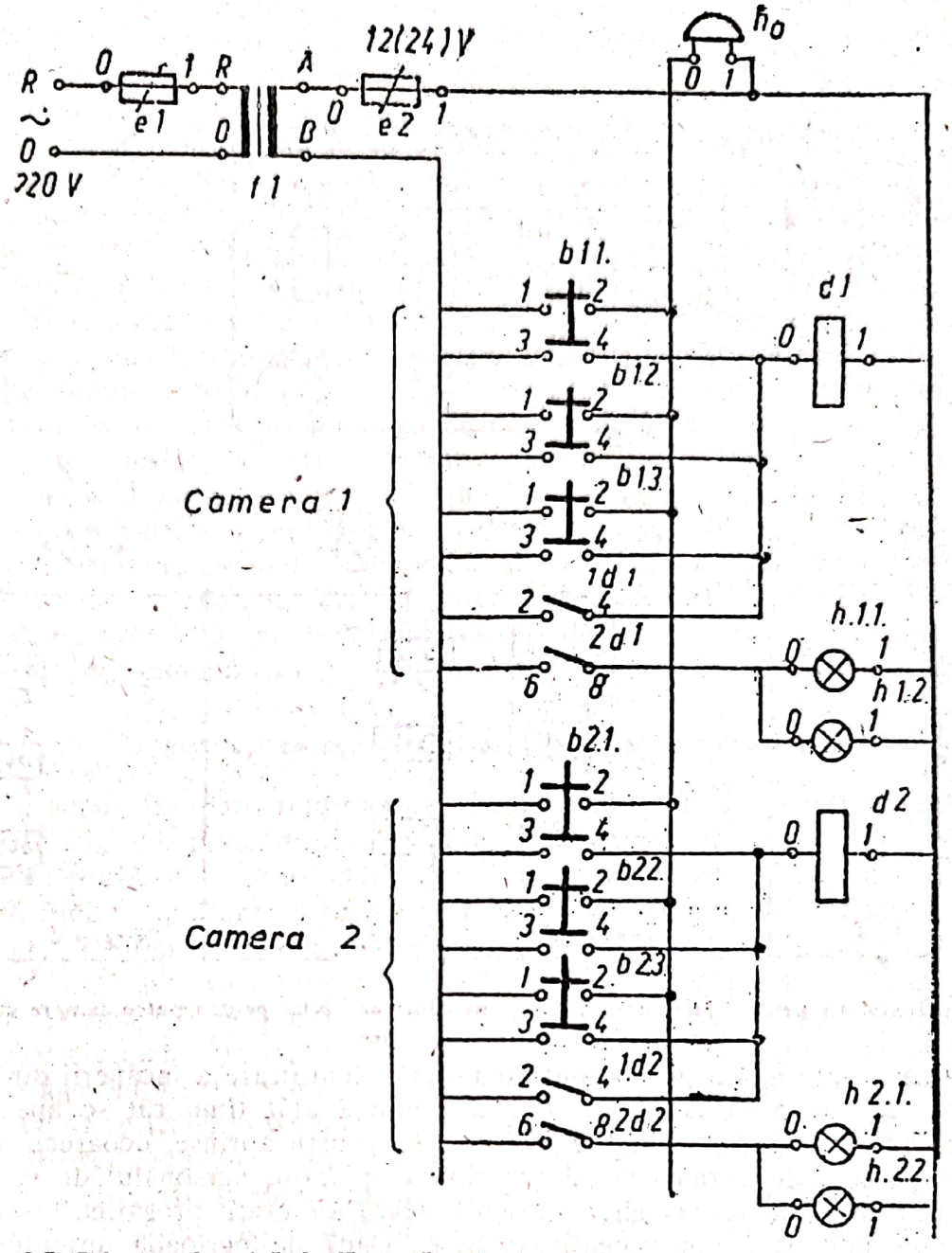


Fig. 9.7. Schema electrică desfăşurată a unei instalaţii pentru chemarea de persoane dintr-un spital.

transformatorul f_1 — borna *B*, butonul *b2.2* — borna *1*, butonul *b2.2* — borna *2*, soneria h_0 — borna *O*, soneria h_0 — borna *1*, siguranţa fuzibilă e_2 — borna *1*, siguranţa fuzibilă e_2 — borna *O* şi transformatorul f_1 — borna *A*; circuitul f_1-*B*, *b2.2.-3*, *b2.2-4*, *d2-0*, *d2-1*, *e2-1*, *e2-0*, f_1-*A*.

Prin realizarea primului circuit se pune sub tensiune soneria h_0 care avertizează acustic că s-a făcut un apel. Al doilea circuit asigură punerea sub tensiune a releului intermediar d_2 care închide contactele normal deschise *1d2* şi *2d2*. Primul dintre acestea asigură automenţinerea releului *d2*, iar la doilea asigură funcţionarea lămpilor de semnalizare *h2.1* (din camera de supraveghere) şi *h2.2* (aflată pe coridor, deasupra uşii camerei din care s-a chemat), realizându-se şi

Scanned with OKEN Scanner

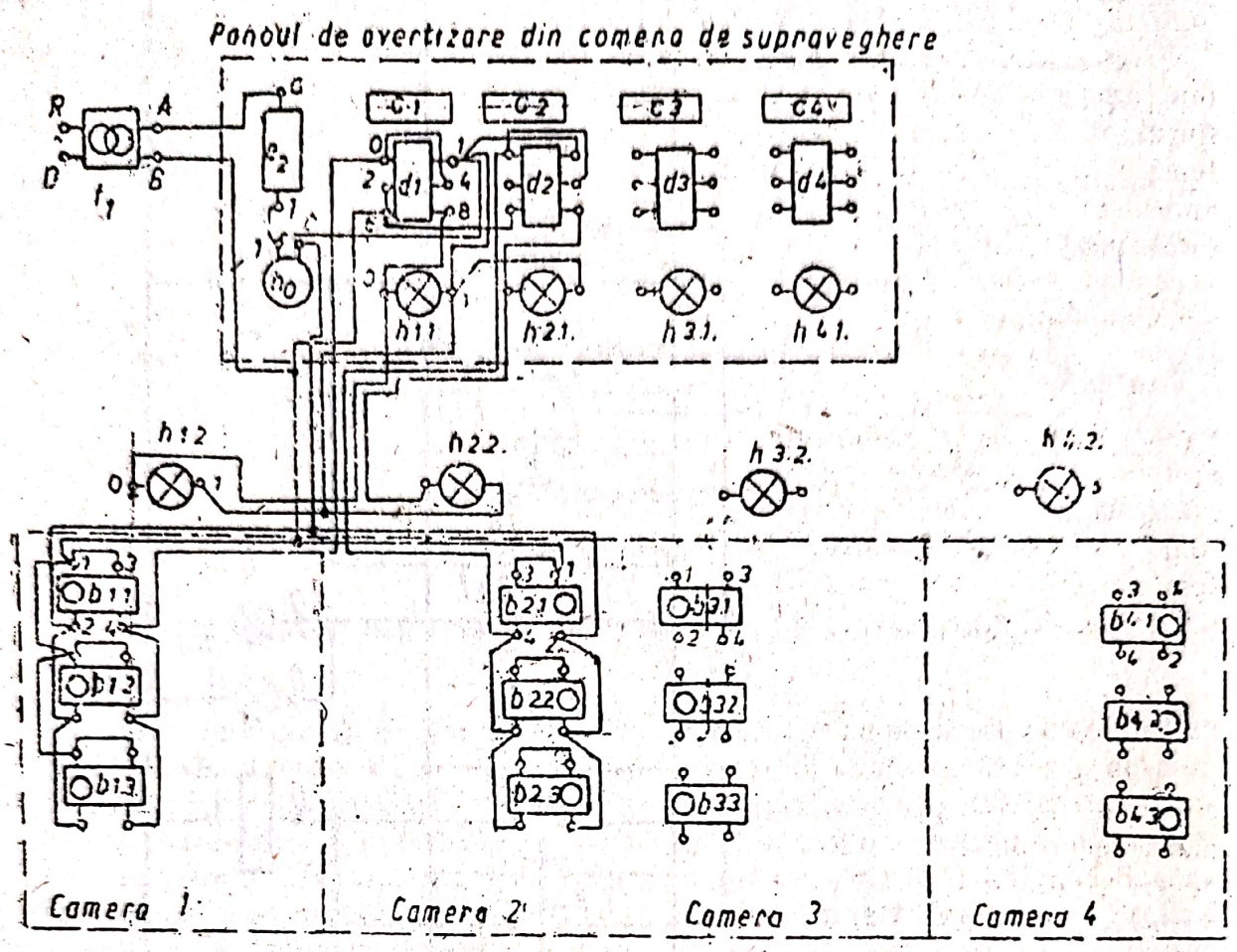


Fig. 9.8. Instalaţie pentru chemarea de persoane dintr-un spital pentru patru camere cu trei paturi în fiecare cameră.

o avertizare optică. Aceasta permite o uşoară identificare a încăperii din care s-a făcut apelul. Soneria h_0 funcţionează numai atât timp cât se apasă pe butonul *b2.2*, în timp ce lămpile *h2.1* şi *h2.2* rămân aprinse, deoarece releul *d2* este parcurs de curent. După rezolvarea apelului, personalul de serviciu revine în camera de supraveghere şi deblochează releul *d2*, pregătind instalaţia pentru un nou apel din aceeaşi încăpere. Dacă pe perioada absenţei din încăperea de supraveghere a personalului se efectuează unul sau mai multe apeluri din alte camere, lămpile de avertizare corespunzătoare acestor camere rămân aprinse atât pe panoul din încăpere, cât şi pe culoare, permiţând identificarea rapidă a locurilor de apel.

3. INSTALAŢII PENTRU SEMNALIZAREA UNEI SITUAŢII ANORMALE ÎN CONSTRUCŢIE SAU ÎNTR-O INSTALAŢIE

De multe ori, în construcţii sau în instalaţii pot să apară situaţii anormale care, nedepistate într-un scurt timp, pot să conducă la mari pagube materiale, la oprirea procesului de producţie şi uneori chiar la pierderi de vieţi omeneşti. Astfel, un incendiu nedepistat din timp scurt, poate să ducă la distrugerea completă a construcţiei cu toate bunurile din aceasta, poate să provoace explozii

Scanned with OKEN Scanner

etc. Depăşirea temperaturii admise într-o instalaţie poate să ducă la depăşirea presiunii normale, putând provoca explozii, poate să conducă la degradarea unor produse, la accidente de muncă etc.

De aceea, pentru buna desfăşurare a activităţii dintr-o construcţie şi buna funcţionare a instalaţiilor ce deservesc construcţia sau fac parte din diferite fluxuri tehnologice acestea sunt prevăzute cu diverse instalaţii de avertizare în funcţie de specificul lor. Diversitatea instalaţiilor pentru semnalizarea situaţiilor anormale este foarte mare. În momentul de faţă, datorită dezvoltării remarcabile a ştiinţei şi tehnicii, se poate aprecia că aproape orice situaţie considerată anormală poate fi semnalizată (depăşirea temperaturii şi presiunii unui mediu, apariţia fumului, focului, modificarea concentraţiei unui gaz, a intensităţii curentului, a tensiunii, a factorului de putere etc.).

Toate aceste instalaţii pentru semnalizarea situaţiilor anormale, funcţionează după schema de principiu din figura 9.9. Instalaţiile se compun dintr-un dispozitiv T, numit *traductor* ce este în măsură să transforme un semnal neelectric (termic, mecanic, luminos etc. în funcţie de situaţia urmărită) într-un semnal electric. Semnalul electric este transmis centralei de avertizare care semnalizează situaţia anormală atât acustic (cu sonerie sau hupă), cât şi optic (cu lămpi de semnalizare).

a. Instalaţii de semnalizare pentru depăşirea temperaturii

În aceste instalaţii traductorul este de regulă un termometru cu contacte electrice (fig. 9.10). Acesta este un termometru cu ac indicator *I*. Termometrul mai este prevăzut cu două indicatoare fixe (*LI* pentru limita inferioară şi *LS* pentru limita superioară a temperaturii), limite ce nu trebuie depăşite pentru a nu crea o situaţie anormală în instalaţie. Indicatoarele *LI* şi *LS* pot fi fixate după dorinţă pe scala aparatului. Atât indicatoarele *LI* şi *LS*, cât şi acul indicator mobil *I* au prevăzute contacte electrice, astfel încât la atingerea limitelor ele închid un circuit electric. Termometrele cu contacte au un racord pentru agentul a cărui temperatură se urmăreşte şi un altul pentru conductele electrice ce se leagă la contactele termometrului. În cazul descris mai sus sunt necesare trei conducte pentru racordul electric.

În multe situaţii indicatorul fix pentru limita inferioară *(LI)* poate să lipsească şi legătura electrică se face numai cu două conducte electrice. Schema electrică desfăşurată a unei astfel de instalaţii este dată în figura 9.11. Contactul

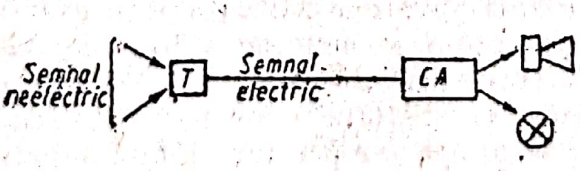


Fig. 9.9. Schema de principiu a unei instalaţii pentru semnalizarea unei situaţii anormale.

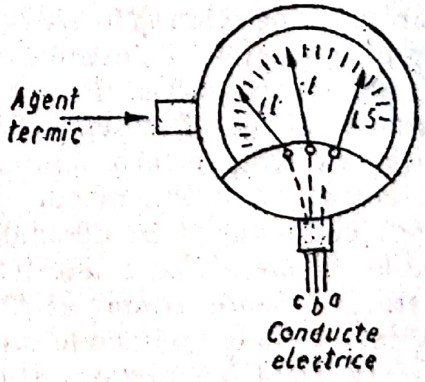


Fig. 9.10. Termometru cu contacte electrice.

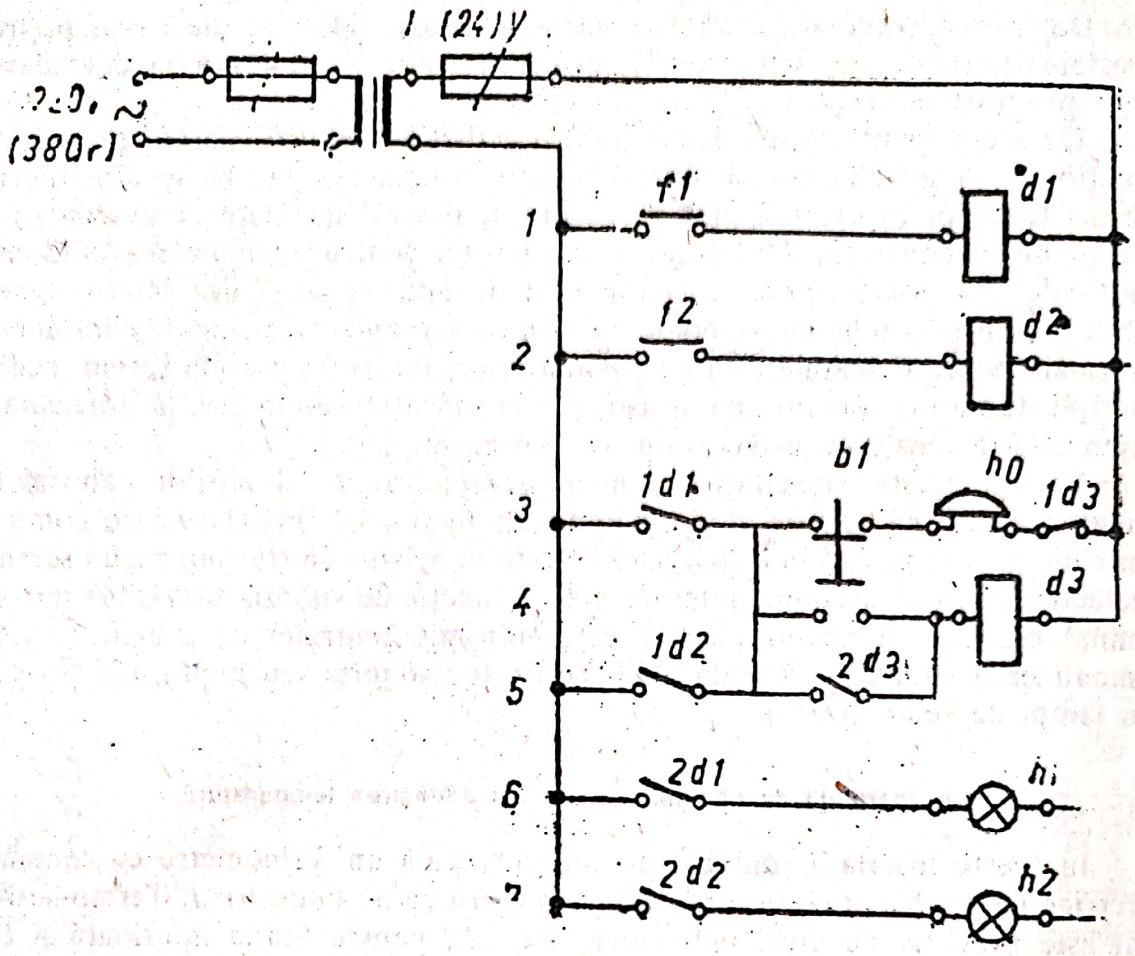


Fig. 9.11. Schema electrică desfăşurată a unei instalaţii de avertizare pentru depăşirea temperaturii.

corespunzător atingerii limitei inferioare a temperaturii este indicat prin contactul normal deschis *(ND)*f_1, iar cel corespunzător atingerii limitei superioare a temperaturii prin f_2. Când se atinge temperatura limită inferioară se închide contactul f_1. Se pune sub tensiune, în acest fel, releul intermediar *d1* aflat pe linia *1*. Acesta închide contactele *1d1* (linia *3*) şi *2d1* (linia *6*). Primul pune sub tensiune soneria h_0 montată pe linia *3*; în felul acesta se face o primă avertizare acustică care atrage atenţia personalului de supraveghere. Dacă soneria este supărătoare, prin apăsarea butonului dublu *b1* aceasta este scoasă de sub tensiune şi semnalul încetează. Butonul *b1* pune totodată sub tensiune releul *d3* care la rândul lui închide contactul *2d3* care realizează automenţinerea şi deschide contactul *1d3* care întrerupe circuitul soneriei h_0 chiar dacă se lasă liber butonul *b1*. Contactul *2d1* realizează închiderea circuitului lămpii de semnalizare h_1 (pe linia *6*) care avertizează optic asupra atingerii temperaturii minime. Semnalul optic se menţine atâta timp cât releul *d1* va fi parcurs de curent. Curentul prin aceasta încetează numai dacă contactul *f1* se deschide, deci dacă temperatura a început să crească peste valoarea limită inferioară. Dacă se atinge temperatura limită superioară se închide contactul *f2* şi releul *d2* este parcurs de curent (linia *2*). Acesta închide contactele normal deschise de pe liniile *5* şi *7* *(1d2* şi *2d2)*, determinând funcţionarea soneriei h_0 pentru avertizarea acustică şi a lămpii de semnalizare h_2, asigurând astfel şi semnalizarea optică (deoarece soneria se deblochează ca şi în cazul anterior).

Scanned with OKEN Scanner

În acelaşi mod sunt concepute şi instalaţiile de semnalizare pentru depăşirea:

— presiunii limită într-un recipient. În locul termometrului se utilizează un manometru cu contacte (pentru presiunea limită inferioară, superioară şi pentru acul indicator al presiunii);

— nivelul limită într-un rezervor. În acest caz, termometrul este înlocuit cu un dispozitiv mecanic de închidere a contactelor f_1 şi f_2 (fig. 9.11), când se ating nivelurile limită inferioară şi respectiv limită superioară. Schiţa de principiu a acestuia este arătată în figura 9.12. Nivelul apei din rezervor este urmărit de plutitoarele *P1* şi *P2*. De fiecare plutitor este prinsă o sârmă din oţel *1*, trecută peste un scripete fix *2*. La celălalt capăt al sârmei se află o contragreutate *3*, ce ţine sârma foarte bine întinsă. Pe această sârmă se află montată o sferă metalică *4* prin intermediul a două izolatoare *5*. Când se atinge nivelul minim, sfera metalică prinsă de plutitorul *P1* coboară şi ajunge între contactele metalice *6*, prin împingerea resortului *7*. În acest fel se închide electric contactul *f1* din figura 9.11, permiţând semnalizarea acustică şi optică a situaţiei apărute (atingerea nivelului minim). Dacă se atinge nivelul maxim sfera prinsă de plutitorul *P2* închide contactul *f2* prin intermediul contactului mobil *6* şi se semnalizează atingerea nivelului maxim.

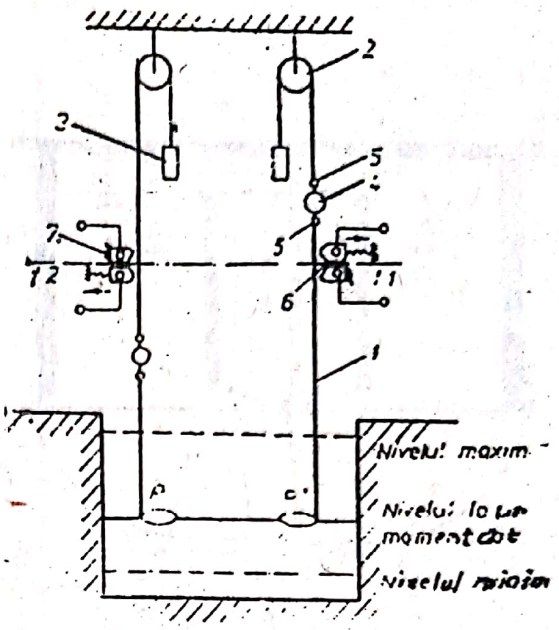


Fig. 9.12. **Schema de principiu a dispozitivului mecanic pentru închiderea contactelor la atingerea nivelului minim şi maxim într-un rezervor.**

b. Instalaţii de semnalizare a incendiului

În aceste instalaţii, traductorul din figura 9.9 este un detector de incendiu. Detectoarele de incendiu se execută în foarte multe tipuri, diferite între ele atât prin principiul fizic pe care se bazează cât şi prin construcţia propriu-zisă. În cele ce urmează se va descrie o **instalaţie de semnalizare ce utilizează un detector de temperatură cu fuzibil** (fig. 9.13) ce se fabrică şi în ţara noastră. Se compun dintr-o carcasă din masă plastică *1* în interiorul căreia se află un grup de lamele metalice *2*, *3* şi *4*, bornele electrice *a*, *g* şi *c* şi un cilindru din masă plastică *5*, de culoare roşie. Lamela *2* este fixată şi legată la contactul *b*. Lamela mobilă *3* este prinsă de lamela fixă *2* prin nitul fuzibil *6* şi de lamela mobilă *4* prin piesa izolatoare *7*.

Cilindrul *5* este menţinut în carcasă de lamela *4*, datorită poziţiei lui şi a opritorului *8* aflat pe partea interioară a acestuia. În acest fel, între bornele *a* şi *b* (legate la lamelele *2* şi *3*) există continuitate electrică. Circuitul închis de bornele *a-b* se numeşte *circuitul de veghe*, iar detectorul se spune că se află *în stare de veghe* (fig. 9.13, *a*). La creşterea temperaturii din încăpere (55° sau 75°C), datorită unui început de incendiu, aerul cald topeşte nitul fuzibil *6* şi legătura dintre lamelele *2* şi *3* se desface. Se întrerupe circuitul electric stabilit prin *a-b* şi lamela *3* se deplasează spre stânga. O dată cu aceasta şi lamela *4*

Scanned with OKEN Scanner

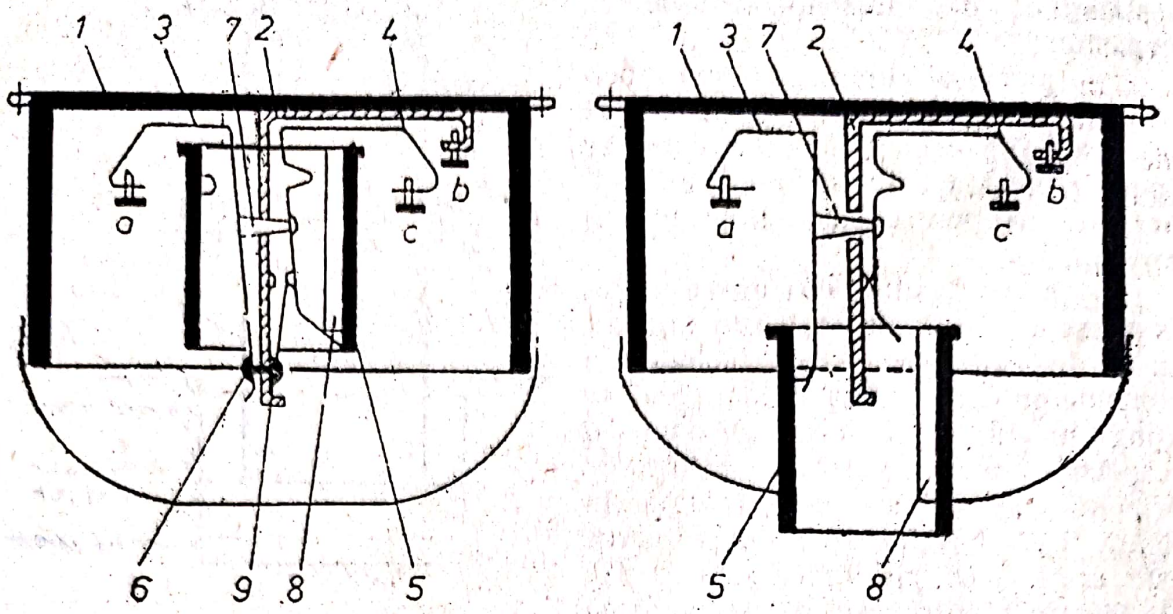


Fig. 9.13. **Detector de temperatură cu fuzibil:**
a — în stare de veghe; *b* — după declanşare.

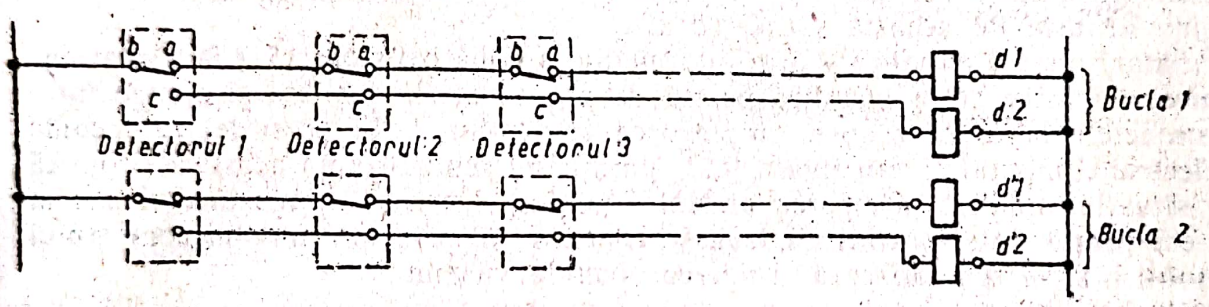


Fig. 9.14. **Schema de legare a detectoarelor de temperatură cu fuzibil.**

se deplasează spre stânga (deoarece este legată de lamela *3* prin piesa *7*). În felul acesta se eliberează cilindrul *5* care coboară, ieşind din cutia detectorului (este de culoare roşie pentru a fi uşor observat de la distanţă). Lamela *4*, în această nouă poziţie, închide contactele *9* dintre lamele *2* şi *4*. Se închide astfel circuitul de avertizare prin bornele *b-c* (fig. 9.13, *b*). O dată cu declanşarea semnalelor acustice şi optice de apariţie a incendiului se poate declanşa şi o instalaţie de stingere a acestuia (cu apă, cu bioxid de carbon etc.). Cilindrul de culoare roşie *5*, ce iese din detector, permite identificarea rapidă a locului de unde s-a dat alarma. După înlăturarea pericolului, detectorul se pune din nou în stare de veghe prin introducerea cilindrului *5* în interiorul detectorului şi prin fixarea lamelelor *2* şi *3* cu un nou nit fuzibil.

Detectoarele de acest tip pot supraveghea fiecare o suprafaţă de aproximativ 10 m^2. Se amplasează pe plafonul încăperii, îngropat sau aparent pe acesta. Detectoarele sunt legate în serie, ca în figura 9.14. Se pot lega astfel până la 10 detectoare, formând o buclă. Pe fiecare buclă se află câte două relee: pe bucla *1* — releele *d1* şi *d2*, pe bucla *2* — releele *d1'* şi *d2'* etc. Cât timp detectoarele se află în stare de veghe, contactele *a-b* ale acestora sunt închise şi releele *d1, d1'* etc. sunt parcurse de curent. Acest curent poartă denumirea de *curent de lucru*. Dacă unul din detectoarele de pe bucla *1* a declanşat, contactul *a-b* al acestuia se deschide şi releul *d1* este scos de sub

Scanned with OKEN Scanner

tensiune. Se închide contactul *b-c* punându-se sub tensiune releul *d2*. Analog se petrec lucrurile dacă declanşează un detector de pe altă buclă.

În figura 9.15 este arătată schema de semnalizare a incendiului. Astfel, în stare de veghe, releele *d1*, *d1'* etc. (fig. 9.14) se află sub tensiune şi *d2*, *d2'* etc. nu sunt sub tensiune. Contactele normal închise *1d1* şi *2d1*, *1d1'* şi *2d'* etc. (fig. 9.15) sunt deschise (deoarece *d1*, *d1'* etc. sunt parcurse de curent — curentul de lucru). Dacă unul dintre detectoarele de pe bucla *1* a declanşat, este scos de sub tensiune releul *d1* şi pus sub tensiune releul *d2*. În acest moment contactele *1d1* şi *2d1* revin la poziţa închis, iar *1d2* şi *2d2* se închid. Liniile *1*, *9* şi *10* sunt parcurse de curent şi se realizează atât semnalizarea acustică prin hupa *h1*, cât şi cea optică prin lampa *h2* corespunzătoare buclei *1*. Pentru a înlătura semnalul acustic (supărător de regulă) se apasă pe butonul dublu *b1* care pune sub tensiune linia *2* şi scoate de sub tensiune linia *1*. Pe linia *2* se află releul *d3* care desface contactul *1d3* şi închide contactele *2d3* şi *3d3*. Primul dintre acestea scoate de sub tensiune hupa după revenirea butonului *b1*, contactul *2d3* realizează automenţinerea releului *d3*, iar *3d3* pune sub tensiune linia *4*, punând în funcţiune releul clipitor *d4* cu lampa *h2*. Cât timp detectorul este declanşat (pe bucla *1*), lămpile *h3* şi *h2* sunt în funcţiune. După stingerea incendiului, detectorul se readuce în starea de veghe, punând din nou sub tensiune releul *d1* şi scoţându-l pe *d2*. Aceasta face ca lampa *h3* să se stingă. Lampa *h2* se stinge prin deblocarea manuală a releului *d3*. Analog se petrec lucrurile când declanşează un detector de pe altă buclă. Va semnaliza hupa şi lampa corespunzătoare buclei de supraveghere. Datorită curentului de lucru instalaţia permite şi semnalizarea unor defecte ca: desfacerea unei legături electrice, ruperea unui conductor etc.

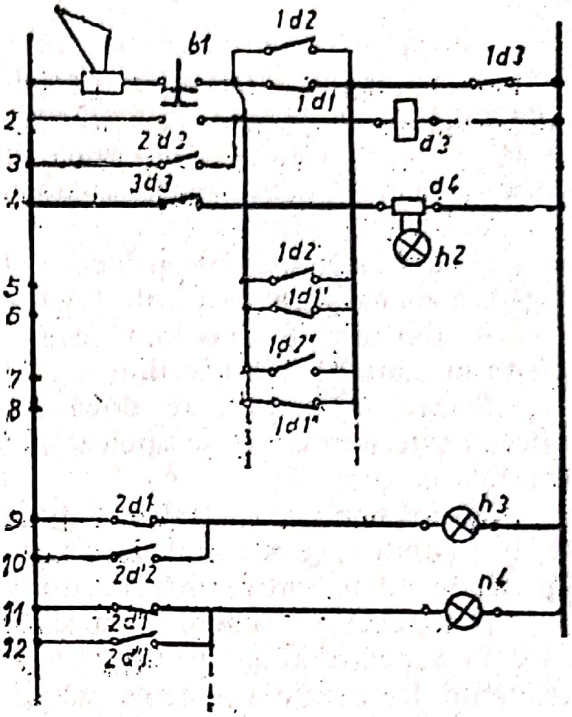


Fig. 9.15. Schema de semnalizare a apariţiei incendiului, folosind detectoare de temperatură cu fuzibil.

După cum rezultă, instalaţia de supraveghere (v. fig. 9.14) este permanent parcursă de curent (curentul de lucru), deci consumă energie electrică. Acest consum este justificat de importanţa bunurilor materiale ce trebuie ferite de un eventual incendiu.

C. INSTALAŢII ELECTROFONICE

Sub această denumire se înţeleg instalaţii care servesc la transmiterea sunetului pe cale electrică şi anume:

— *instalaţiile de telefonie;*

— *instalaţiile de radiofonie şi radioamplificare;*

— *instalaţiile de amplificare a sunetelor într-o încăpere de dimensiuni mari* (sonorizare) etc.

Scanned with OKEN Scanner

Postul telefonic (telefonul) este format dintr-un **microfon** (dispozitiv ce transformă undele acustice în semnale electrice pe care le transmite altui post telefonic), şi un **difuzor** (care transformă semnalele electrice, primite de la un post, în unde acustice ce sunt percepute de urechea omului). Legătura electrică între două posturi telefonice se face prin intermediul unei **centrale telefonice.**

Centrala telefonică poate fi:

— **centrală de întreprindere** (manuală sau automată) care permite legătura numai între posturile telefonice din întreprindere;

— **centrala de oraş** care asigură legătura între două posturi telefonice aflate în afara întreprinderilor.

Pentru legătura între două posturi telefonice din două întreprinderi diferite este necesar să se apeleze atât la centralele de întreprindere, cât şi la centrala de oraş.

Echipamentele centralelor, ale posturilor telefonice şi ale reţelelor de legătură dintre acestea sunt executate, exploatate şi întreţinute de întreprinderi special profilate (întreprinderile din sectorul de telecomunicaţii).

Din punct de vedere al specialităţii de instalaţii, în cadrul acestora se execută tubulatura de protecţie a reţelelor de distribuţie din instalaţie de telefonie. De exemplu, schema instalaţiei de telefonie dintr-o clădire de locuit (cu subsol, parter şi şapte etaje şi cu câte cinci apartamente pe nivel) arată ca în figura 9.16. Pentru executarea instalaţiei de telefonie se prevăd:

— două firide* F_1 şi F_2 în zidărie în casa scării la etajele *1* şi *5*;

— două tuburi de protecţie *IPY* 35,4 mm (unul din acestea este de rezervă), montate îngropat în zidărie între firide şi între firida F_1 şi subsol până la ieşirea din fundaţie;

— tuburi de protecţie *IPY* 14 mm, montate îngropat în construcţie între firidă şi fiecare apartament;

— câte două conducte telefonice *TY* 0,8 mm^2 montate în tuburile de protecţie dintre firide şi apartamente;

— câte o regletă de cleme (pentru executarea legăturilor electrice) în fiecare din cele două firide.

Cablul telefonic conţine câte două conductoare electrice pentru fiecare post telefonic. Acestea formează „o pereche" de conductoare şi sunt marcate identic (prin culoarea izolaţiei) pentru identificarea uşoară. Cablul telefonic pătrunde în clădire prin fundaţie, fiind

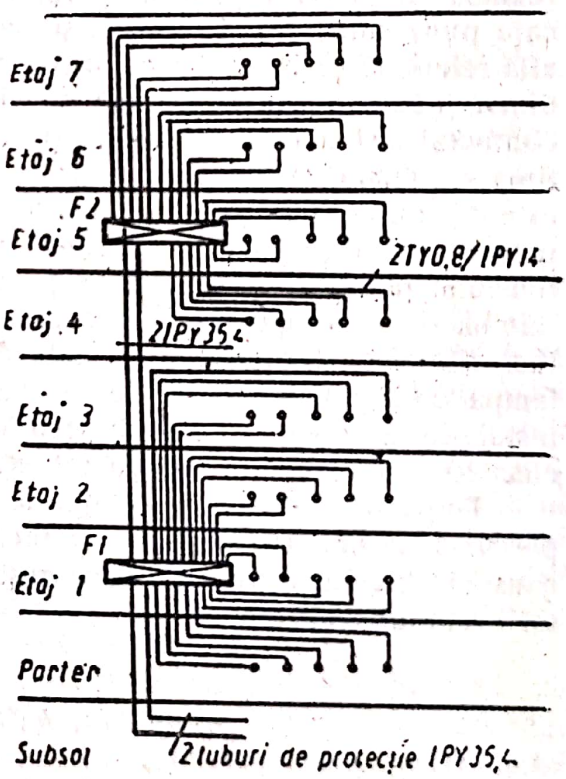


Fig. 9.16. **Schema instalaţiei de telefonie dintr-o clădire de locuit.**

* *Firidele* (în instalaţii electrice) sunt tablouri electrice mai simple (pe o placă izolatoare), montate într-un gol din construcţie.

Scanned with OKEN Scanner

protejat de tubul prevăzut special pentru aceasta. În firida F_1 cablul se desface: o parte din conductoare se leagă la conductele posturilor telefonice din apartamente prin intermediul regletei de cleme (fig. 9.17), restul conductoarelor formează un cablu de dimensiune mai mică care se introduce în tubul de protecţie către firida F_2.

Firidele telefonice se execută de două tipuri:

— de 600 × 600 × 100 m^3, în care se pot efectua legături pentru cel mult 22 de posturi telefonice;

— de 750 × 850 × 100 mm^3 în care se pot efectua legături pentru cel mult 45 posturi telefonice.

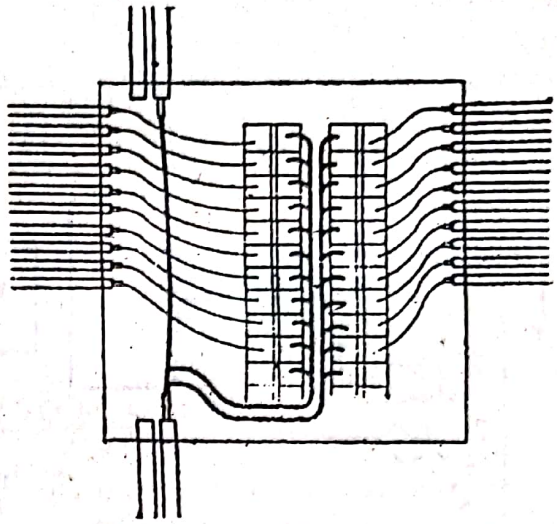


Fig. 9.17. **Schiţă cu legăturile electrice din firida *F1*.**

În cazul instalaţiilor de telefonie din întreprinderi se foloseşte un cablu cu un număr mic de circuite, pentru a lega centrala oraşului de centrala telefonică de întreprindere. De la centrala de întreprindere, distribuţia către posturile telefonice se face ca în figura 9.16. Dacă posturile telefonice se găsesc la mare distanţă unul de altul, se renunţă la firidele telefonice şi acestea se înlocuiesc cu reglete telefonice de dimensiuni mici, protejate în cutii de tablă. În aceste cazuri, de multe ori legătura de la regletă la postul telefonic se execută aparent, folosindu-se conducte din cupru cu izolaţie din cauciuc şi manta din fire textile. Cele două conducte sunt împletite şi se prind de zidărie sau tâmplărie cu cuie speciale (prevăzute cu două rondele din carton pentru fixarea conductelor).

2. INSTALAŢII DE RADIOFICARE ŞI RADIOAMPLIFICARE

Aceste instalaţii au rolul de a realiza transmiterea programelor de radio sau a programelor unei staţii proprii. Se apelează la amplificare ori de câte ori semnalul captat este suficient de puternic. Schema de principiu a unei astfel de instalaţii este arătată în figura 9.18. Principalele verigi dintr-o astfel de instalaţie sunt:

— **producerea sunetului,** care se poate realiza de către un radioreceptor *1,* un microfon *2,* un magnetofon *3,* sau din pick-up *4.* Instalaţiile sunt *de radioamplificare* când utilizează receptorul radio pentru producerea sunetului şi *de amplificare* când sunetul este produs de celelalte aparate;

— **amplificarea sunetului,** care se realizează printr-o staţie de amplificare *5.* Până la 150 W se numesc *staţii de mică putere,* iar peste această valoare se numesc *staţii de mare putere.* În acest ultim caz, staţia trebuie montată într-o încăpere special destinată, cu suprafaţa între 12 şi 20 m^2;

— **controlul sunetului emis de staţia de amplificare,** care se face cu ajutorul unui difuzor *6;*

— **distribuţia semnalului electric,** care se face prin intermediul unor coloane electrice *7,* a unor firide de distribuţie *8* şi unor circuite electrice *9.* Coloanele electrice şi circuitele se execută din două conducte *AFY* 2,5 mm^2

Scanned with OKEN Scanner

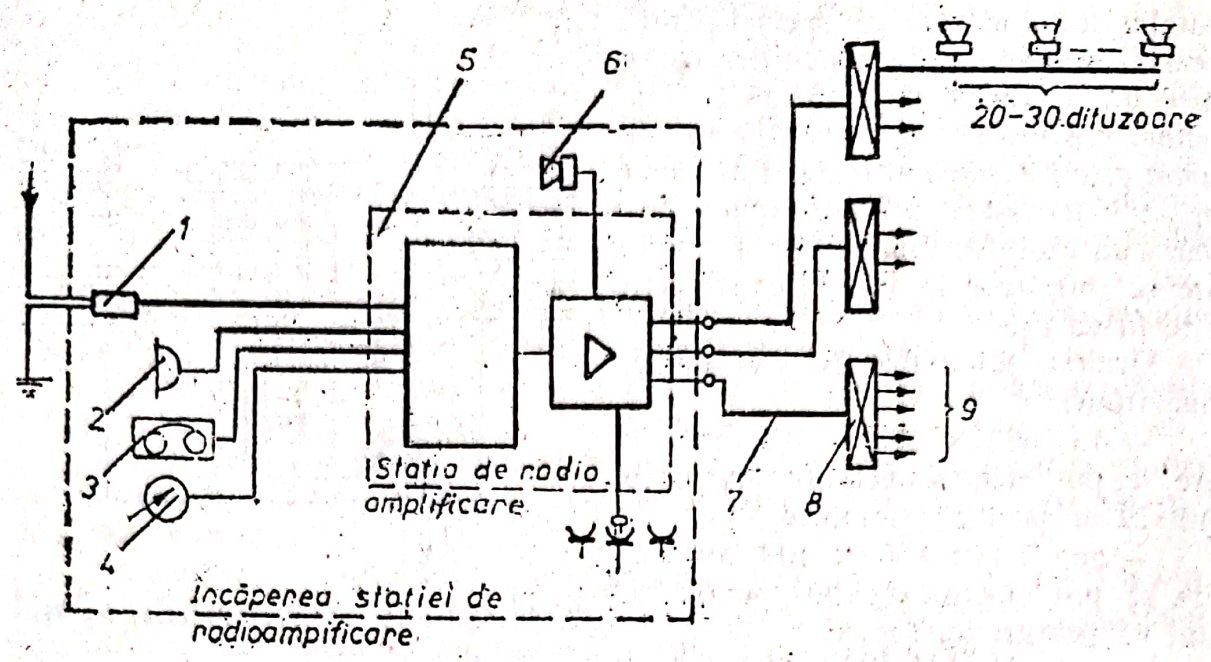


Fig. 9.18. **Schema de principiu a unei instalaţii de radioamplificare.**

sau *TY* 1 mm^2, montate în tub *IPY* (când acesta se îngroapă în construcţie) sau *PEL* (când se execută aparent). Firidele sunt asemănătoare cu cele de telefonie, dar de dimensiuni mai mici: 380 × 180 × 185 (în mm);

— **redarea semnalului acustic,** prin transformarea semnalului electric în difuzoarele electrice *10.* Pe un circuit electric se pot monta până la 20—30 difuzoare în paralel. Racordarea difuzoarelor se face la o priză specială *(priză pentru difuzor),* cu un cordon electric prevăzut cu fişă.

Instalaţiile de sonorizare a încăperilor de dimensiuni mari (săli de spectacole, amfiteatre, săli de sport etc.) constau în principiu din aceleaşi părţi componente, cu particularitatea că poziţia difuzoarelor este determinată de un calcul complex ce ţine seama de:

— forma geometrică a încăperii;
— finisajul pereţilor şi plafonului;
— volumul sălii;
— natura sunetului ce trebuie reprodus (vorbire, muzică etc.).

D. INSTALAŢII DE CEASURI ELECTRICE

Aceste instalaţii permit indicarea orei exacte în locurile unde este deosebit de important pentru buna desfăşurare a activităţii: gări, aeroporturi, întreprinderi industriale, clădiri social-administrative etc.

Instalaţiile de acest fel se compun din:

— **ceasul principal;**
— **ceasurile secundare;**
— **conductele de legătură** între acestea şi ceasul principal.

Ceasul principal emite la intervale de timp regulate (o secundă, un minut etc.) impulsuri electrice ce sunt transmise ceasurilor secundare. La un ceas principal pot fi racordate până la 70 ceasuri secundare. Peste acest număr este necesar să se folosească şi o centrală de ceasuri cu rolul de a amplifica semnalul

Scanned with OKEN Scanner

ceasului principal. Ceasul principal este de regulă un ceas cu pendul, acţionat electric (şi cu o rezervă mecanică de mers normal pentru 12 ore când alimentarea electrică nu funcţionează).

În figura 9.19 este reprezentată schiţa unui astfel de pendul. Este format dintr-un pendul principal greu *P* şi un pendul mult mai uşor *P'*. De acesta din urmă este suspendată bobina *S* aflată în scurtcircuit. De pendulul greu *P* este prins magnetul permanent *M* care intră cu unul din capete în bobina *S* şi cu celălalt în bobina *S'*. Un capăt al înfăşurării bobinei *S'* este legat la contactul *a*, iar cel de al doilea la borna (—) a bateriei *E1*. Pe pendulul *P'* se află contactul dublu *c* ce poate atinge contactele *a* şi *b*. Contactul *g* este legat la borna (—) a bateriei *E2*. Ceasurile secundare sunt legate în paralel pe liniile *L1* şi *L2* care sunt la rândul lor legate la bornele (+) ale bateriilor *E1* şi respectiv *E2*. La deplasarea pendulului *P* spre stânga, polii magnetului *M* intră în bobinele *S* şi *S'*. În bobina *S* se induce o tensiune electromotoare şi prin ea va circula un curent care va crea un flux magnetic ce va tinde să respingă magnetul *M*. Acesta îşi continuă însă cursa datorită inerţiei şi face ca bobina *S* să se deplaseze spre stânga, antrenând şi pendulul *P'*. Se închide astfel contactul *a-c*, stabilindu-se circuitul de alimentare a bobinei *S'*: $+E_1$, braţul pendulului *P'*, contactul *a-c*, bobina *S'*, $-E_1$. Fluxul magnetic datorat variaţiei de curent din bobina *S'* face ca magnetul *M* să fie atras în interiorul acesteia, deplasându-se în continuare spre stânga, spre punctul de elongaţie maximă. În acest timp, curentul din bobina *S* scade şi ajunge la zero când pendulul *P* a atins punctul de echilibru. Începe mişcarea pendulului *P* şi a magnetului *M* în sens invers spre dreapta. În bobina *S* se induce un curent al cărui câmp magnetic face să deplaseze bobina *S* spre dreapta, după magnetul *M*, antrenând şi pendulul *P'*. Aceasta face să se închidă contactul *b-c* şi să se stabilească circuitul: *+E2*, linia *L2*, ceasurile secundare *C1*, *C2*,..., linia *L1*, braţul pendulului *P'*, contactul *b-c* —*E2*. În felul acesta ceasurile secundare primesc un impuls electric care asigură deplasarea indicatoarelor orare. Aceasta se realizează cu un dispozitiv electromagnetic cuplat printr-un şurub melc cu roţile dinţate ale mecanismului celor două limbi indicatoare.

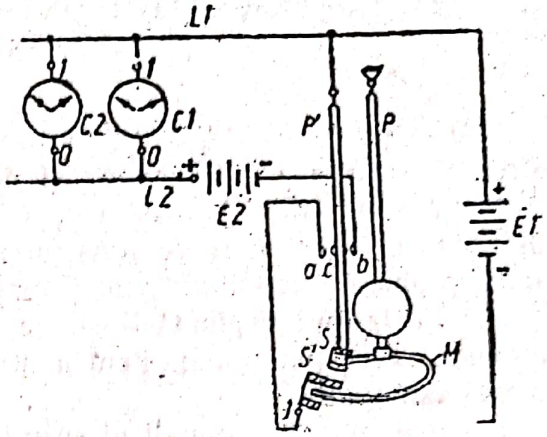


Fig. 9.19. **Principiul de funcţionare a pendulului ceasului principal, acţionat electric.**

Din figura 9.19. se poate deduce şi modul de legare a ceasurilor secundare. În practică, acestea se leagă ca în figura 9.20, pentru ca traseele de la ceasul principal la fiecare din ceasurile secundare să fie aproximativ egale.

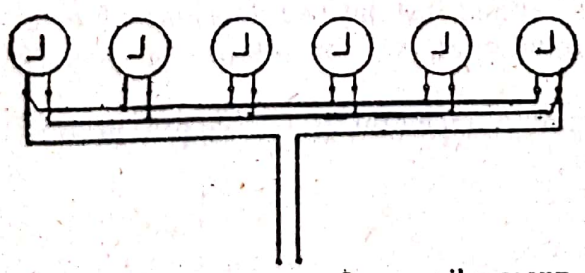


Fig. 9.20. **Modul de legare a ceasurilor secundare.**

Conductele de legătură se calculează astfel încât pierderea de tensiune până la cel mai depărtat ceas să nu depăşească 10% din tensiunea nominală care poate fi 12 V, 24 V, 32 V, 60 V. De regulă, se utilizează conductele *AFY* 2,5 mm^2.

Scanned with OKEN Scanner

E. EXPLOATAREA, ÎNTREŢINEREA ŞI REPARAREA INSTALAŢIILOR DE CURENŢI SLABI

În general, instalaţiile de curenţi slabi sunt parcurse de curenţi mici. De aceea şi secţiunea conductelor şi dimensiunile aparatelor de acţionare sau protecţie sunt mici. Aceasta face ca instalaţiile de curenţi slabi să fie uşor înglobate în elementele de construcţii, iar atunci când se execută aparent, nu ridică probleme deosebite pentru amplasarea lor.

• În timpul **exploatării** se va urmări ca instalaţia să-şi îndeplinească întocmai rolul funcţional. Pentru aceasta se va căuta să se respecte pe tot timpul exploatării:

— parametrii nominali ai surselor de alimentare, în special ai bateriilor de acumulatoare. Periodic, se va măsura tensiunea elementelor din bateria de acumulatoare şi, dacă valoarea acesteia scade sub valoarea prescrisă, bateria se reîncarcă;

— utilizarea instalaţiei în scopul pentru care a fost proiectată. Orice modificare a acesteia să se facă numai cu acordul proiectantului de specialitate;

— manevrarea corectă a aparatelor de acţionare, de comutare;

— scoaterea de sub tensiune a instalaţiei la apariţia unei defecţiuni, a unei funcţionări anormale etc.

Simplitatea şi robusteţea instalaţiilor de curenţi slabi uşurează mult sarcina personalului de exploatare.

• **Întreţinerea** instalaţiilor de curenţi slabi presupune adoptarea tuturor măsurilor tehnice şi organizatorice, astfel ca acestea să fie exploatate tot timpul cât mai aproape de parametrii lor nominali. Cele mai importante dintre aceste **măsuri** (generale) sunt:

— *controlul periodic al bunei funcţionări a instalaţiei,* mai ales la instalaţiile de avertizare, care intră în funcţiune la intervale mari de timp (instalaţiile de avertizare a depăşirii temperaturii, presiunii etc.). Pentru acestea se simulează atingerea situaţiei anormale şi se verifică dacă instalaţia realizează corect avertizarea. Pentru celelalte instalaţii, supravegherea curentă din timpul exploatării este suficientă;

— *verificarea periodică a integrităţii aparatelor din instalaţiile de curenţi slabi.* Se verifică prinderea aparatelor pe soclul de montaj şi integritatea carcaselor aparatelor. Acolo unde se constată că aparatele nu sunt bine fixate, se reface prinderea. Dacă aparatele sunt deteriorate datorită lovirii, sau datorită efectului curentului electric (supraîncălzire, scurtcircuit), acestea se înlocuiesc;

— *verificarea execuţiei legăturilor electrice la bornele aparatelor:* unde se constată slăbirea legăturii se strâng şuruburile de fixare.

Măsurile de mai sus sunt măsuri generale ce se pot lua pentru întreţinerea oricărei instalaţii de curenţi slabi. Cum însă aceste instalaţii se deosebesc foarte mult între ele atât constructiv, cât şi funcţional, se vor adopta şi măsuri specifice întreţinerii fiecăreia dintre ele.

În cazul unei instalaţii de semnalizare a incendiului se adoptă măsuri (specifice) pentru:

— *verificarea detectoarelor;*
— *verificarea centralei;*
— *verificarea circuitelor de legătură;*
— *verificarea generală a întregii instalaţii.*

Scanned with OKEN Scanner

Detectoarele sunt supuse unui test de bază şi unui test de încercare. În cadrul testului de bază se verifică comportarea detectorului la diferite influenţe ale mediului ca: umiditatea, coroziunea, trepidaţiile, variaţia tensiunii de alimentare. În cadrul testului de încercare detectorul este supus (în laborator) la solicitări reale de incendiu (incendiu deschis, incendiu mocnit, incendiu cu degajare puternică de fum, incendiu ce degajare puternică de căldură şi incendiu de lichide combustibile.) Aceste teste se efectuează atât la punerea în funcţiune, cât şi în cadrul unor controale periodice de întreţinere. Ele nu trebuie subapreciate, mai ales datorită faptului că aceste instalaţii intră rar în funcţiune şi atunci trebuie să funcţioneze ireproşabil.

Centrala este supusă unor verificări periodice care constau în:

— măsurarea tensiunii la baterie şi pe fiecare linie de avertizare;
— verificarea funcţionării lămpilor de semnalizare;
— verificarea alarmei sonore.

Cele mai multe defecte apar la baterie datorită descărcării ei în timp. De aceea centrala mai conţine instalaţii de semnalizare care pun în evidenţă eventualele defecte ce apar la instalaţia de semnalizare a incendiului.

Verificarea circuitelor de legătură se execută pentru fiecare detector în parte, la darea în funcţiune şi prin sondaj la o parte din acestea, în timpul controalelor periodice.

Verificările întregii instalaţii se fac simulând o serie de defecte posibile în instalaţie şi urmărind modul de semnalizare a acestora în centrală. Dacă toate semnalizările sunt corecte, instalaţia se află în bună stare. Semnalizările incorecte dau indicaţii asupra părţilor din instalaţie ce nu funcţionează corect. Toate aceste părţi din instalaţie sunt supuse unui control atent şi reparate.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 10

STAŢII DE REDRESARE ŞI DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

A. INSTALAŢII INDUSTRIALE DE REDRESARE A CURENTULUI ALTERNATIV

Consumatorii care folosesc energie electrică sub formă de curent continuu sunt în continuă creştere.

Principalii consumatori în c.c., pe ramuri economice sunt:

— **în tracţiunea electrică;**
— troleibuzele (firobuze);
— tramvaiele;
— metroul;
— vehiculele electrice din incinte industriale (electrocare, electrostivuitoare);
— **în industrie;**
— motoarele electrice de c.c. de antrenare a mecanismelor de deplasare şi rotire;
— instalaţii de electroliză;
— instalaţii galvanotehnice;
— instalaţii electrometalurgice;
— filtrele electrice pentru desprăfuitoare;
— instalaţii de sudare electrică în c.c.;
— baterii de acumulatoare electrice;
— instalaţii de iluminat de siguranţă;
— instalaţii de comenzi şi semnalizări;
— acţionările în c.c. şi automatizările proceselor industriale etc.

La scară industrială, obţinerea curentului continuu se face prin staţii de redresare, care formează fie unităţi independente (substaţiile de redresare din tracţiunea urbană), fie unităţi încorporate în spaţiile clădirilor din perimetrul întreprinderilor.

Principalele elemente componente ale unei staţii sunt date în figura 10.1. Staţia de redresare este racordată într-un nod consumator al sistemului (adică pe barele colectoare ale unei staţii electrice) la tensiunea medie de 6 ... 20 kV. Pentru reducerea tensiunii, precum şi pentru obţinerea unui număr mai mare de faze decât trei, corespunzătoare sistemului electric, se folosesc grupuri de transformatoare trifazate, cu conexiunile indicate în figura 10.2.

Acestea alimentează cu un număr n de faze (3, 6, 12 etc.) *dispozitivele redresoare* care sunt constituite din: elemente redresoare, instalaţii de comandă (la cele comandabile), instalaţii de excitaţie (la unele tipuri) şi instalaţii de răcire (în special la cele cu vapori de mercur). În unele cazuri, deoarece forma

Scanned with OKEN Scanner

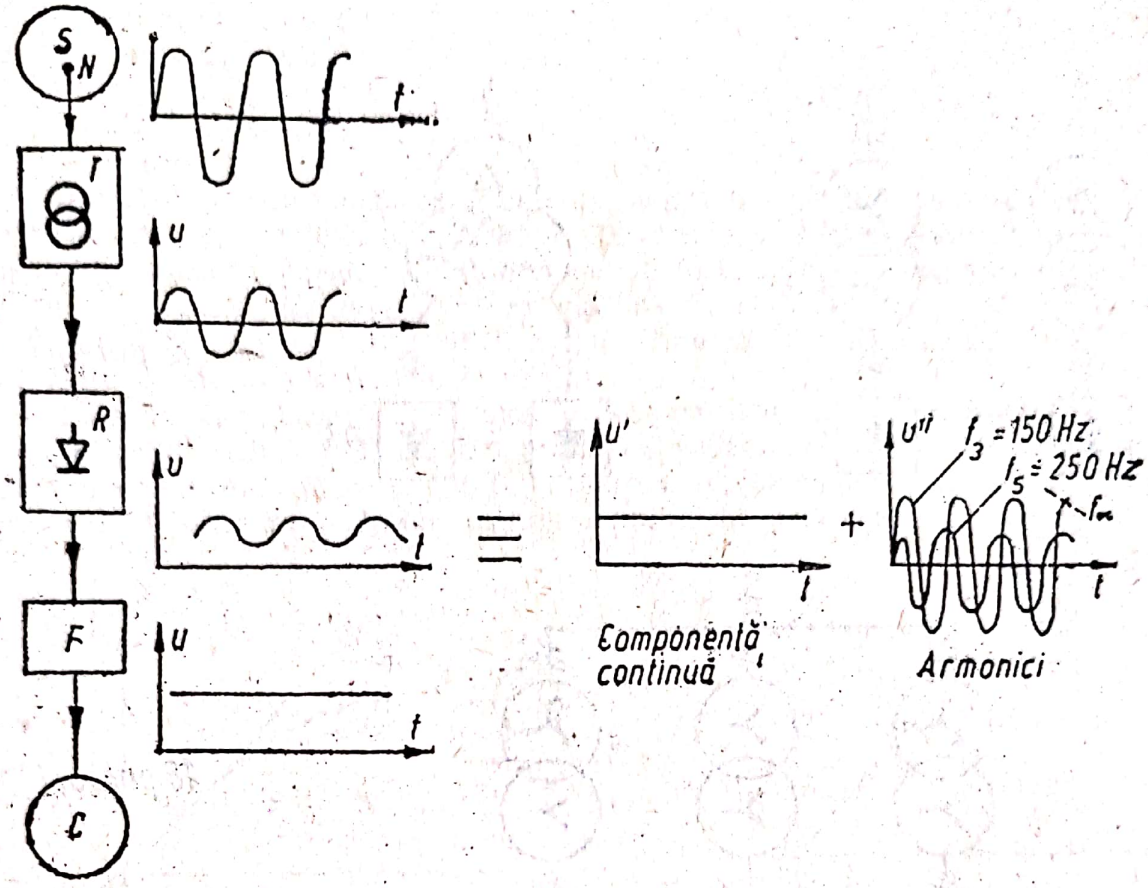


Fig. 10.1. **Schema bloc a unei staţii de redresare:** *S* — sistem electric; *N* — nodul consumator (barele colectoare ale staţiei electrice); *T* — transformator trifazat; *R* — redresor; *F* — filtru electric; *C* — receptor de c.c.

tensiunii redresate obţinută la bornele elementelor redresoare este pulsatorie şi nu satisface cerinţele unor tipuri de receptoare de c.c., se introduc filtrele de netezire, pentru a reduce sub o anumită limită componenta alternativă a tensiunii redresate.

Elementele redresoare sunt conectate de regulă în punţi (mono-, tri- sau *m*-fazate) după tipul transformatorului ales (v. fig. 10.2).

1. TIPURI DE ELEMENTE REDRESOARE

Redresorul face parte din familia mutatoarelor*, prin care energia electrică de c.a. de frecvenţă *f* se transformă în energie electrică de c.c. ($f = 0$).

Elementele redresoare utilizate azi se pot grupa în două mari categorii:

— **cu tuburi**
— dioda cu vid (kenotronul);
— dioda cu gaz (gazotronul);
— trioda cu gaz (tiratronul);
— tubul cu vapori de mercur < polianodic
monoanodic (ignitronul, excitronul);

* Mutatorul este un dispozitiv care transformă energia electrică de o anumită formă a tensiunii şi curentului, în energie electrică de altă formă, fără ca în procesul acestei transformări să intervină o fază intermediară de transformare în energie de altă natură.

Scanned with OKEN Scanner

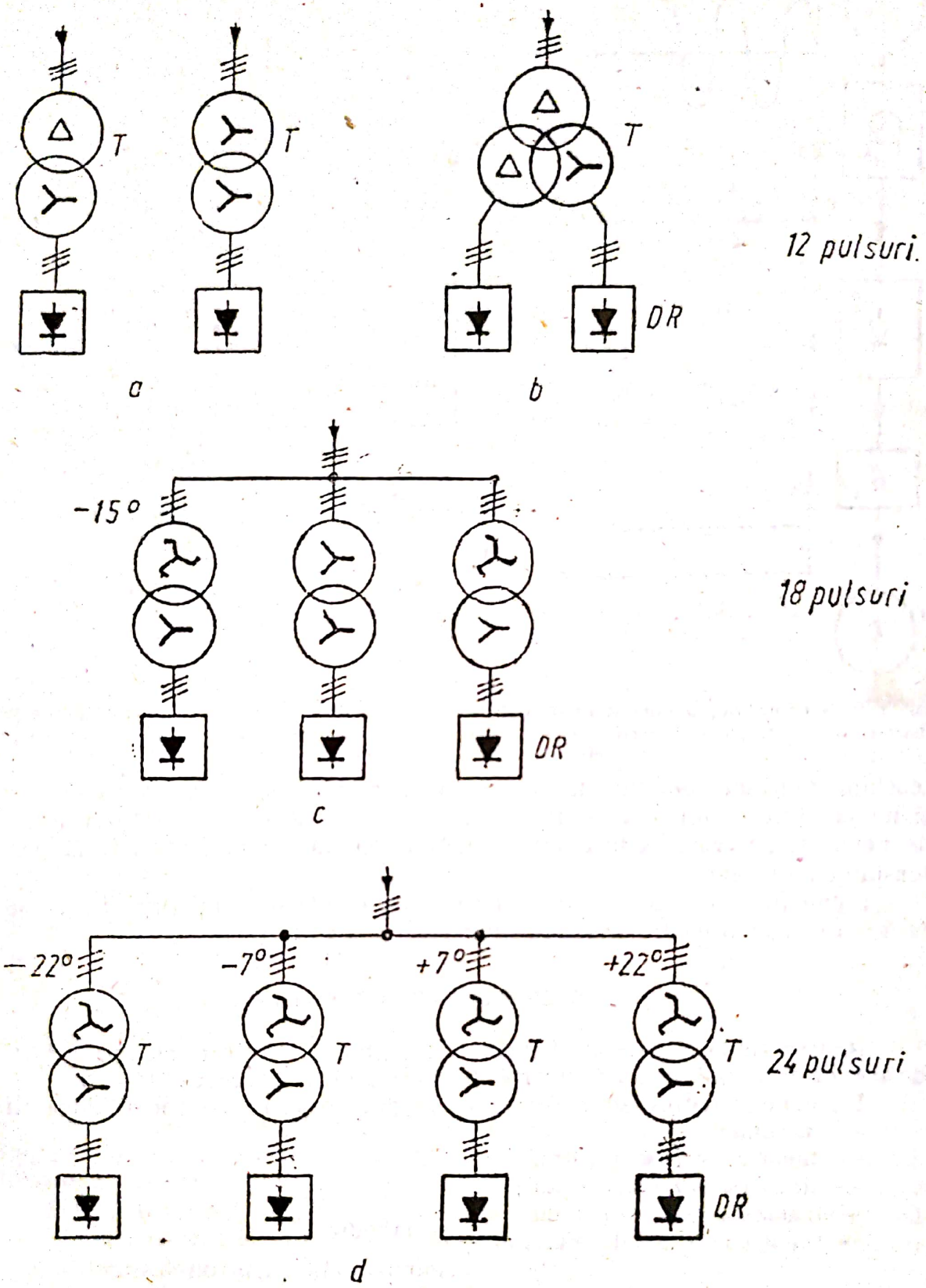


Fig. 10.2. **Conexiunile practice în blocul transformator-redresor:** *a* — transformator trifazat cu două înfăşurări; *b* — transformator trifazat cu trei înfăşurări; *c* — grup de trei transformatoare trifazate cu două înfăşurări; *d* — grup de patru transformatoare trifazate cu două înfăşurări; *T* — transformator coborâtor; *DR* — dispozitiv de redresare în punte.

Scanned with OKEN Scanner

— **cu semiconductoare;**
— ventil cu cuproxid;
— dioda cu seleniu;
— dioda cu germaniu;
— dioda cu siliciu;
— tiristorul.

În trecut, pentru redresare se utilizau maşini şi grupuri de maşini electrice rotative (maşina comutatoare, grupul convertizor). Astăzi, datorită performanţelor ridicate dobândite de diodele cu siliciu şi de tiristoare (densitatea de curent 100 A/cm^2, tensiunea inversă maximă 5 000 V, temperatura de lucru maximă 200°C, randamentul 99%), acestea tind să înlocuiască instalaţiile de redresare dotate cu elementele în mişcare.

Fenomenul redresării este bazat pe caracteristica statică tensiune-curent a elementului redresor. Din acest punct de vedere se disting trei tipuri de caracteristici statice în care pot fi grupate toate elementele redresoare. Ele sunt redate în figura 10.3, atât în forma reală, cât şi în cea idealizată ($i_a = 0$

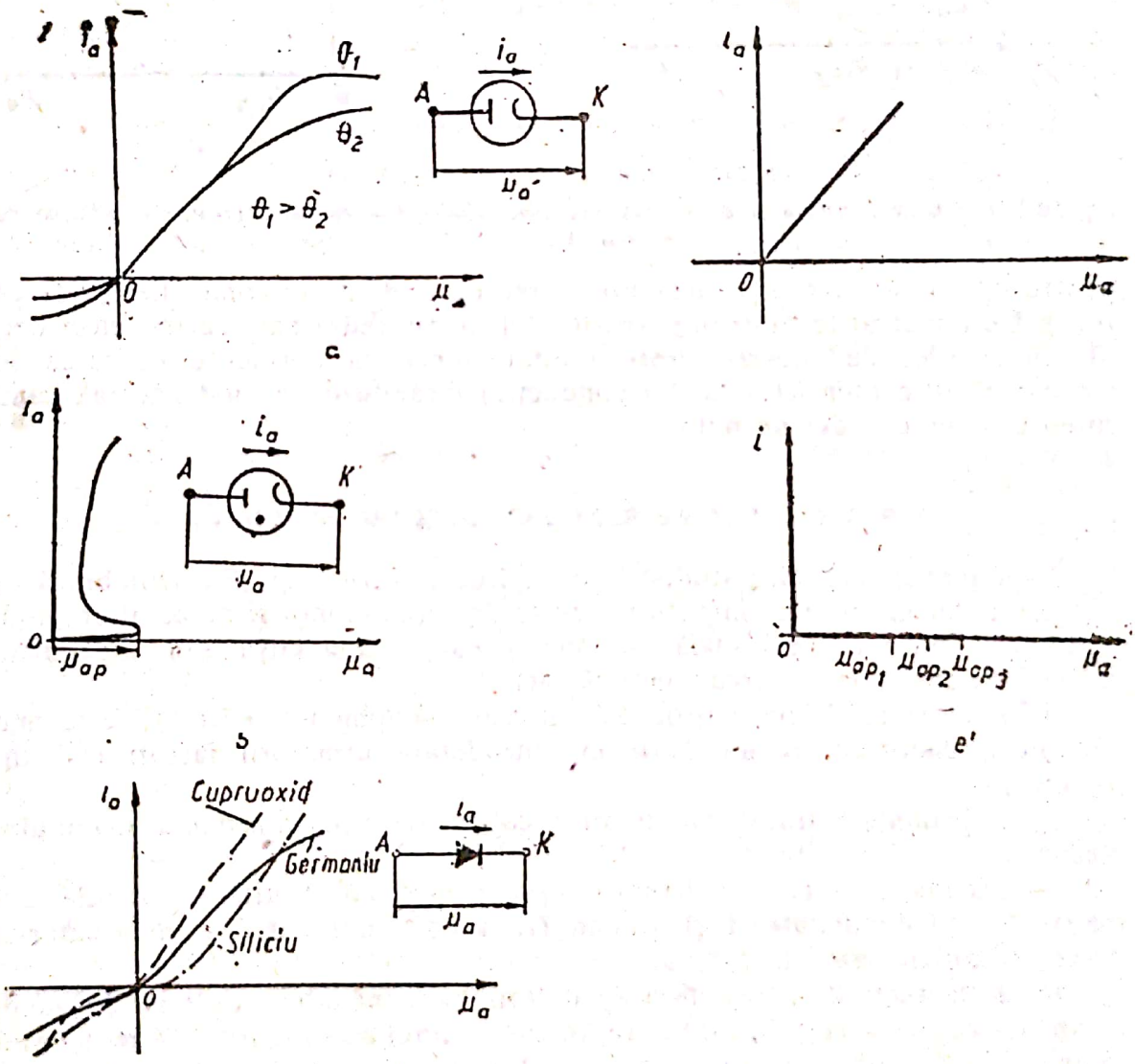


Fig. 10.3. **Caracteristicile statice ale elementelor redresoare:** *a* — dioda cu vid (reală); *a'* — dioda cu vid (idealizată); *b* — dioda cu gaz (reală); *b'* — dioda cu gaz (idealizată); *c* — dioda semiconductoare (reală); *c'* —dioda semiconductoare (idealizată);

Scanned with OKEN Scanner

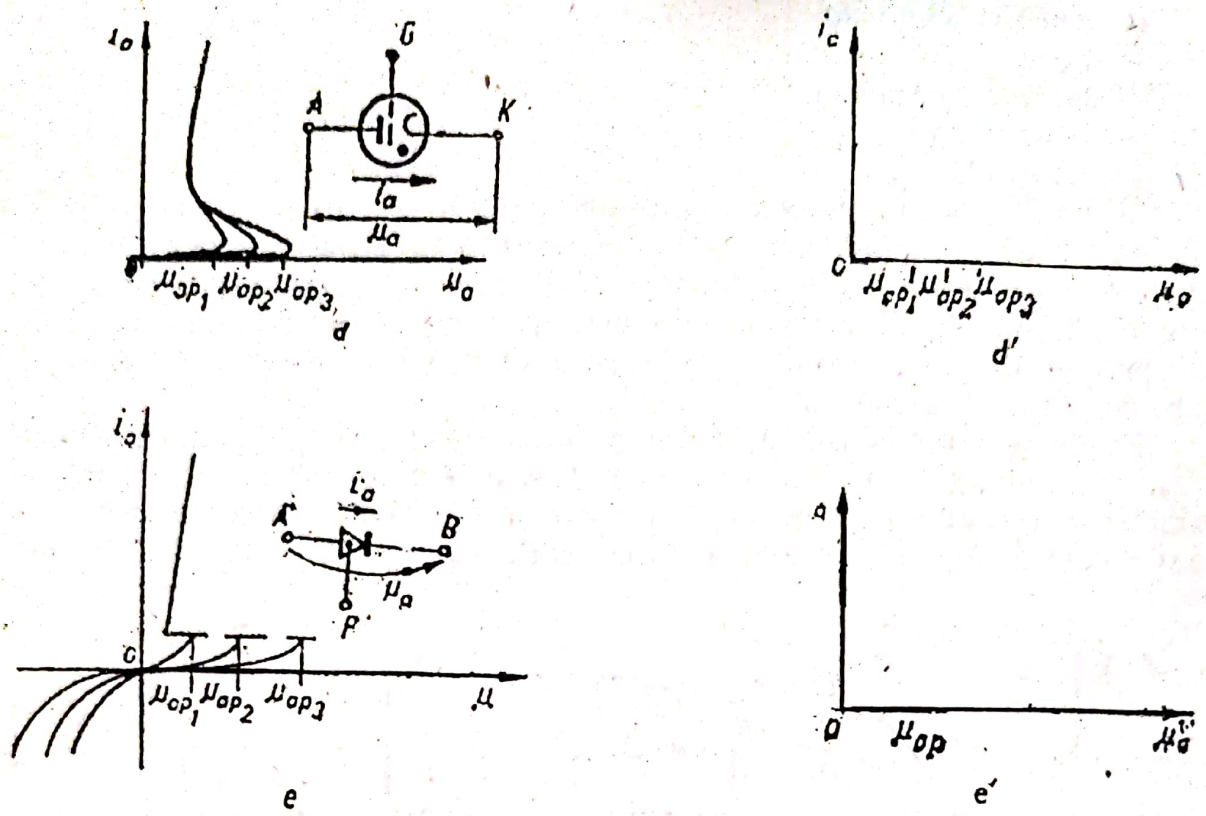


Fig. 10.3, *d* — tiratronul (reală); *d'* — tiratronul (idealizată); *e* — tiristorul (reală); *e'* — tiristorul (idealizată).

pentru $u_a < 0$ şi rezistenţa elementului redresor în sensul conducţiei egală cu zero). De remarcat la tiratron şi tiristor (elemente redresoare cu trei electrozi) că rolul grilei de comandă este limitat numai la aprindere (intrarea în conducţie), stingerea (ieşirea din conducţie) făcându-se în mod natural, când curentul anodic i_a devine nul.

2. PARTICULARITĂŢILE REDRESĂRII LA SCARĂ INDUSTRIALĂ

Fenomenul redresării studiat la disciplinele „Fizică" şi „Electrotehnică" a fost prezentat în ipoteze simplificatoare (redresarea mono- şi dublă alternanţă, tensiunea aplicată sinusoidală, sarcină rezistivă, inductivă sau capacitivă, redresor necomandabil, circuit monofazat).

În situaţia reală din staţiile de redresare, fenomenul redresării este mai complicat, deoarece trebuie luaţi în considerare următorii factori ce-l influenţează;

— impedanţele transformatoarelor coborâtoare şi impedanţa sistemului electric;

— sarcina de c.c. a redresorului care este constituită de regulă din rezistenţa R, inductivitatea L şi o t.e.m. (fie a unui motor de c.c., fie a bateriei de acumulatoare puse la încărcat);

— elementele de comandă a aprinderii, care introduc noţiunea de unghi de aprindere ($\alpha_a = \omega t_a$), în care t_a reprezintă timpul ce se scurge din momentul când tensiunea la bornele elementului redresor trece prin zero în sens pozitiv şi momentul când grila sau poarta (în cazul tiristorului) primesc impulsul de comandă (aprindere);

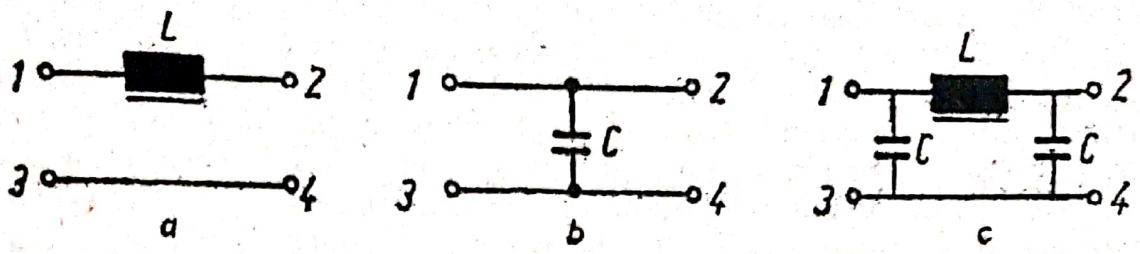


Fig. 10.4. **Filtre electrice:** *a* — cu inductanţă; *b* — cu capacitate; *c* — filtru complex.

— montajele în punte trifazată simplă sau în conexiuni serie sau paralel a mai multor punţi trifazate, alimentate separat prin diverse secundare ale transformatoarelor coborâtoare ce introduc defazaje ale tensiunilor aplicate montajelor;

— nelinearitatea caracteristicilor elementelor redresoare.

De aceea atât tensiunea cât şi curentul la bornele consumatorului de c.c. au o formă ondulatorie, cu atât mai pronunţată cu cât numărul de pulsuri este mai mic (puntea m-fazată are $2m$ pulsuri).

Teoretic, se demonstrează că o astfel de funcţie de timp, reprezentând curentul sau tensiunea, se poate descompune pe o perioadă $T = \frac{2\pi}{\omega}$ într-o componentă de curent continuu (valoarea medie a funcţei pe o perioadă) şi o multitudine de sinusoide cu o frecvenţă nf_0, unde f_0 este frecvenţa tensiunii sinusoidale aplicate montajului (50 Hz la noi în ţară), iar $n = 2, 3, 4, \ldots \infty$ (v. fig. 10.1).

Acestea poartă denumirea de *armonici de ordinul n* (fie ale curentului, fie ale tensiunii). Pentru eliminarea lor şi reţinerea numai a componentei de c.c., în anumite cazuri, se utilizează filtre, compuse din condensatoare şi bobine, cum se arată în figura 10.4.

Privită dinspre reţeaua electrică de c.a. ce o alimentează, staţia de redresare poate fi considerată ca un *consumator* pe frecvenţa de 50 Hz şi ca un *generator* pe frecvenţa armonicilor apărute în procesul redresării şi pe care le debitează în reţeaua de alimentare care devine astfel *poluată cu armonici.* Ele deranjează funcţionarea normală a reţelei (supraîncălziri, apariţia unor rezonanţe electrice de curent, mărirea pierderilor electrice în componentele reţelei electrice etc.) şi de aceea trebuie să se ia măsuri de atenuare a lor (folosirea de filtre de armonici, folosirea transformatoarelor cu conexiuni şi caracteristici tehnice speciale, mărirea numărului de pulsuri etc.).

3. ECHIPAMENTUL ELECTRIC AL STAŢIEI DE REDRESARE

O staţie de redresare dotată cu elemente semiconductoare (cele mai utilizate astăzi) se compune din una sau mai multe unităţi de redresare, cu transformatoarele respective şi aparatura de comutaţie, protecţie, comandă şi reglare a tensiunii.

Un echipament de redresare constă dintr-un dulap redresor, răcit cu aer sau cu apă şi un transformator răcit cu ulei, în construcţie de interior sau exterior, legate între ele prin bare.

Scanned with OKEN Scanner

Instalaţiile de redresare de puteri mai mici, sub 100 kW, se realizează în general cu transformatoare de tip uscat, montate în acelaşi dulap cu redresorul.

Pentru puteri mari şi medii se foloseşte *sistemul monobloc,* adică un ansamblu transformator-redresor în construcţie de exterior, care prezintă următoarele avantaje: nu ocupă un spaţiu mare, nu necesită fundaţii pentru două agregate, barele de legătură sunt de lungimi mici, iar răcirea elementului redresor se face cu ajutorul uleiului din cuva transformatorului. În figura 10.5 este arătat un tip în construcţie monobloc cu caracteristicile $I_c = 18$ kA; $U_c = 150$ V.

La adoptarea soluţiei constructive a unei staţii de redresare trebuie să se ţină seamă de următoarele considerente:

— obţinerea unei puteri redresate maxime într-un volum şi cu o greutate a redresorului minime;

— asigurarea încărcării uniforme a redresoarelor ce funcţionează în paralel;

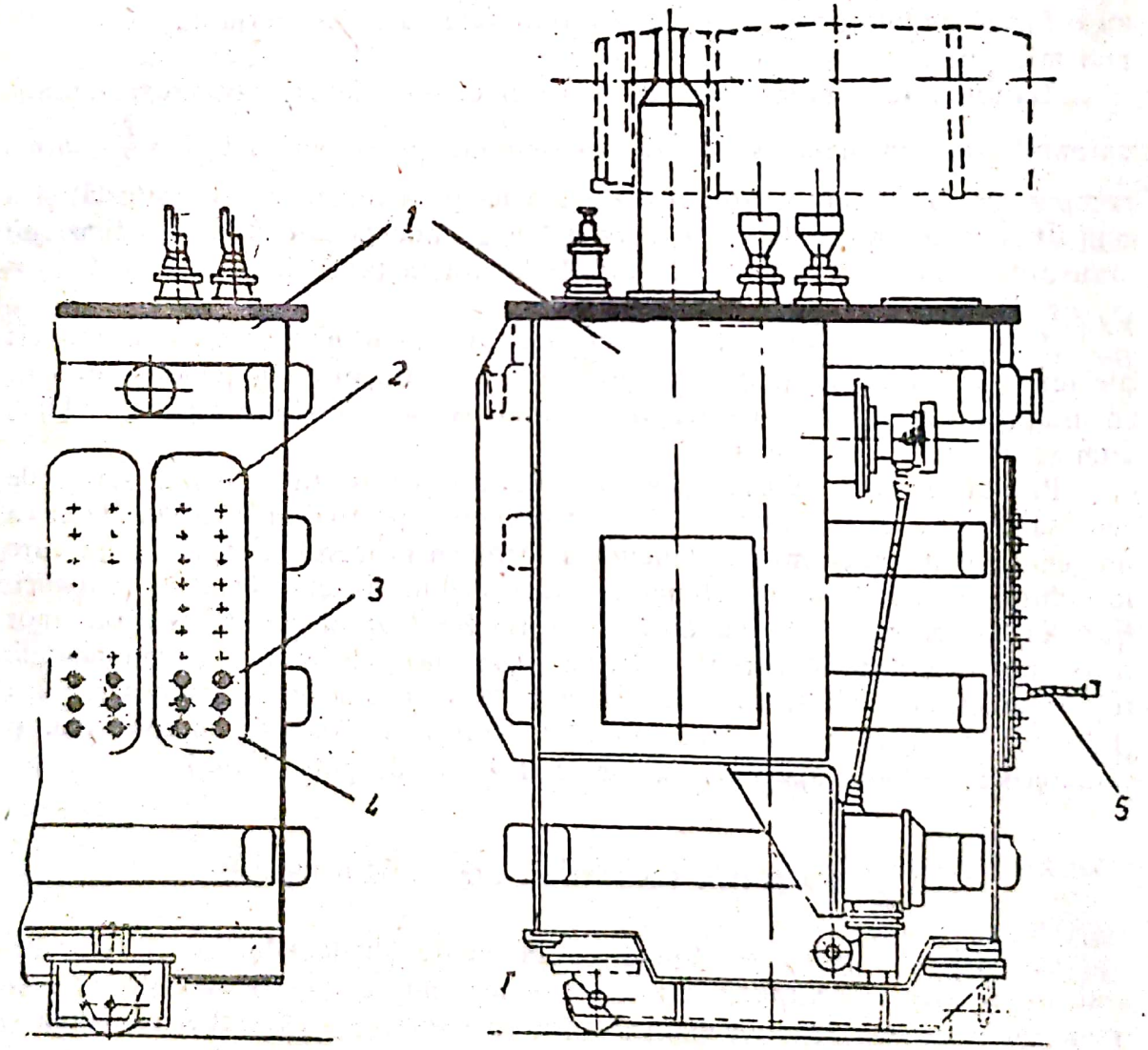


Fig. 10.5. **Exemplu de construcţie bloc-transformator-redresor:**
1 — redresor; *2* — plăci de cupru izolate; *3, 5* — celule redresare; *4* — locurile de înşurubare a celulelor redresoare.

Scanned with OKEN Scanner

— asigurarea evacuării căldurii datorată pierderilor (de menţionat că pierderile la transformatoarele ce alimentează redresoare sunt mai mari decât la celelalte tipuri obişnuite);

— protejarea echipamentului împotriva prafului sau agenţilor corosivi;

— asigurarea stabilităţii electrodinamice şi termice a echipamentului în regimuri de scurtcircuit în instalaţii;

— accesul uşor la echipamente, care să permită o înlocuire rapidă în timpul exploatării;

— necesitatea unei supravegheri minime în exploatare;

— adoptarea unor soluţii constructive cu elemente modulare, cu care să se realizeze variante constructive.

Pentru exemplificare, în figura 10.6 se arată schema electrică a unei staţii de redresare de tip industrial cu $U_c = 250$ V şi $I_c = 160$ kA, iar în figura 10.7 se arată dispunerea echipamentului electric în interiorul staţiei.

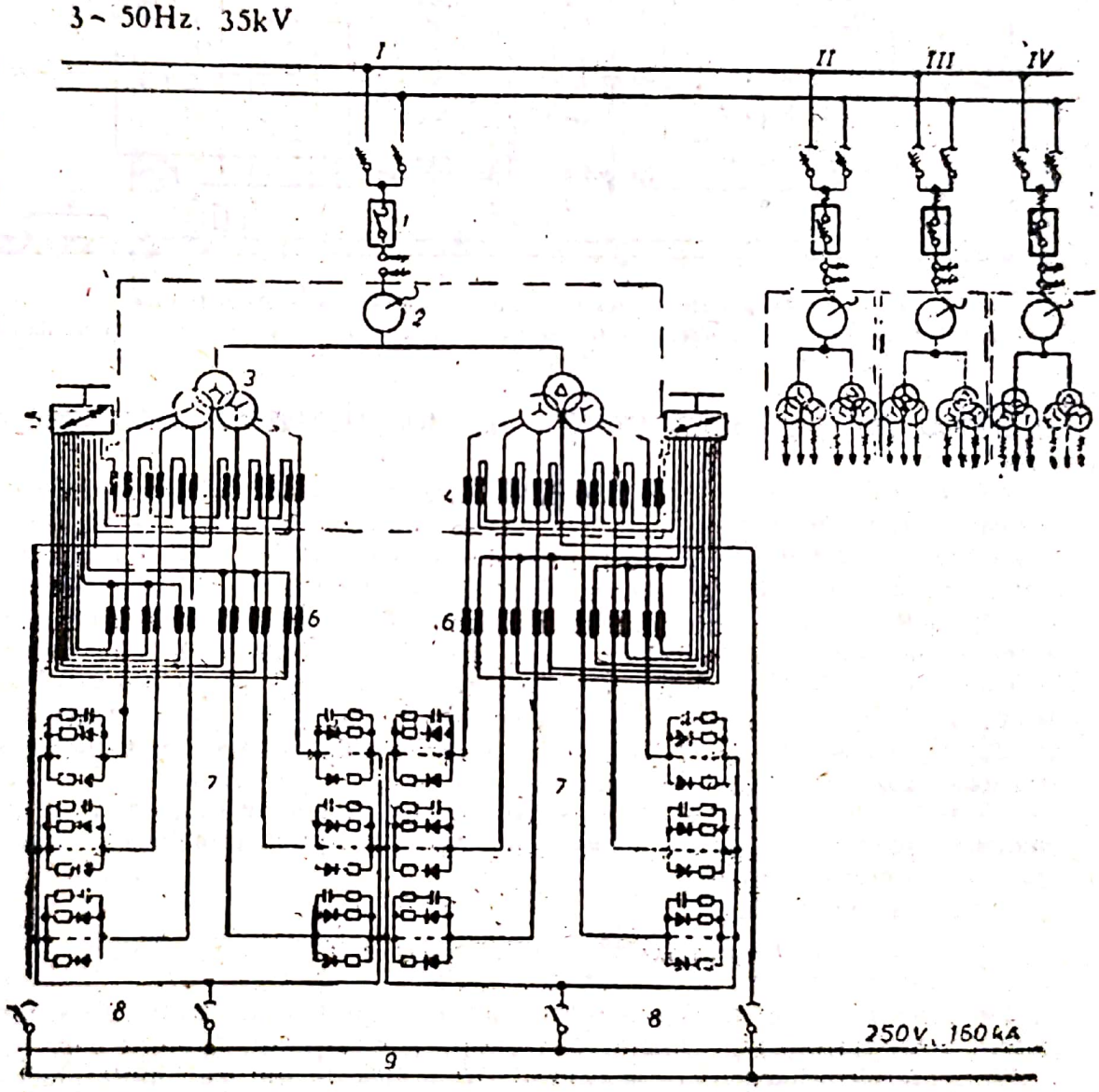


Fig. 10.6. **Exemplu de schemă electrică a unei staţii de redresare:**
1 — întrerupător înaltă tensiune; *2* — autotransformator de reglaj cu comutatorul în trepte; *3* — transformatorul de alimentare; *4* — transductoare de sarcină; *5* — dispozitiv reglaj curent; *6* — traductoare de curent; *7* — redresor cu siliciu; *8* — separatoare de c.c.; *9* — bare de c.c.

Scanned with OKEN Scanner

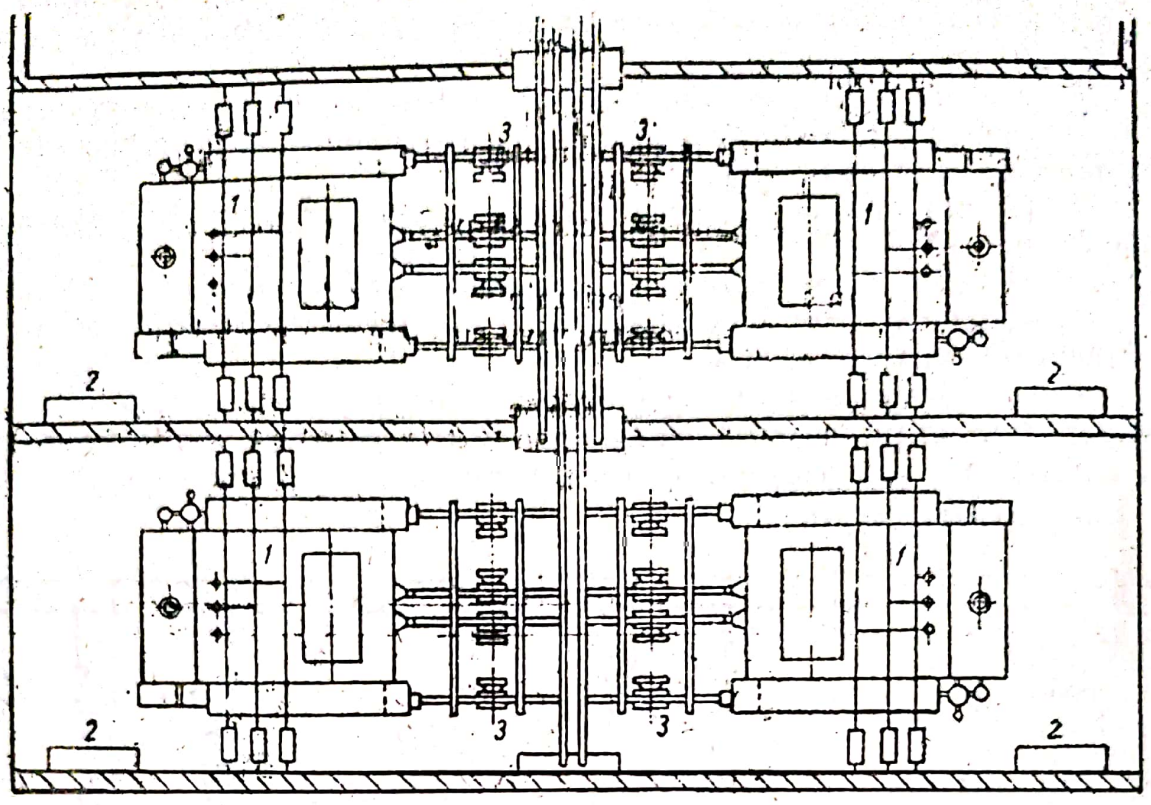


Fig. 10.7. **Dispunerea echipamentului electric al staţiei de redresare:**
1 — transformatorul de alimentare; *2* — dispozitiv de reglaj al curentului; *3* — separatoare de c.c.; *4* — bare de c.c.

B. INSTALAŢII DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

În cadrul întreprinderilor industriale, există instalaţii de redresare a c.a. la diverse trepte de tensiuni continue (24, 48, 110, 220 V în funcţie de tensiunile nominale ale receptoarelor), în scopul încărcării bateriilor de acumulatoare staţionare şi a celor transportabile (electrocare, electrostivuitoare etc.).

În cazul tipului staţionar, redresorul funcţionează în regim de încărcare permanentă, conform schemei electrice din figura 10.8. Redresorul folosit este de tipul cu semiconductoare, în montaj punte trifazată, alimentat din reţeaua de joasă tensiune a consumatorului, prin intermediul unui transformator, prin ale cărui prize se reglează şi tensiunea pe partea de c.c. în anumite limite, cu ajutorul comutatorului cu ploturi.

Bateria de acumulatoare electrice, rezultă prin legarea mai multor elemente în serie pentru a se ajunge la tensiunea dorită, este fie de tipul cu plăci de plumb, fie alcalin.

1. ACUMULATOARELE CU PLĂCI DE PLUMB

• **Construcţie.** Un acumulator cu plăci de plumb se compune din: doi electrozi, un electrolit şi vasul în care aceştia sunt aşezaţi, denumit *bac.*

Fiecare electrod, pozitiv sau negativ, este alcătuit din mai multe plăci de plumb legate în paralel şi distanţate între ele prin separatoare, constituite din foi de ebonită, materiale sintetice sau planşete din lemn.

Printr-o prelucrare specială, denumită *formare,* plăcile de plumb ale electrodului pozitiv sunt transformate în dioxid de plumb (PbO_2), de culoare

Scanned with OKEN Scanner

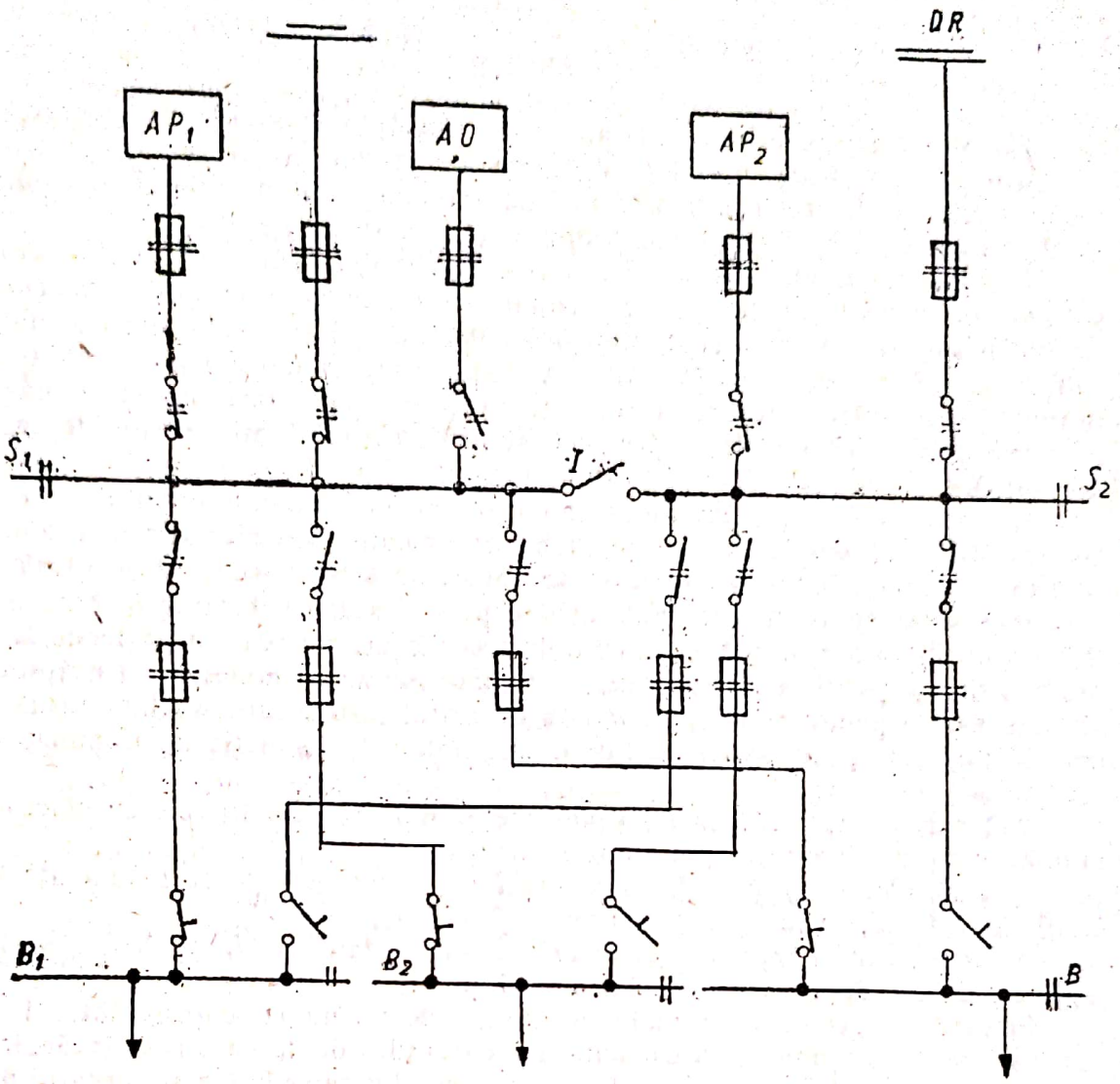


Fig. 10.8. **Schema electrică de încărcare a acumulatoarelor electrice de tip staţionar:** AP_1, AP_2 redresor de încărcare permanentă; AO — redresor de încărcare ocazională; S_1, S_2 — sisteme de bare c.c. (generale); B_1, B_2, B_3 — sisteme de bare de c.c. (consumatori); BL — baterie de acumulatoare în funcţiune; BR — baterie de acumulatoare în rezervă; 1 — întrerupător.

cafenie, iar cele ale electrodului negativ în plumb spongios (poros) de culoare cenuşie-deschisă.

Electrolitul este o soluţie de acid sulfuric pur (H_2SO_4) şi apă distilată. Raportul dintre ele se stabileşte funcţie de greutatea specifică indicată de fabrică (de obicei 1,21 g/cm^3 pentru acumulatoare de tip staţionar, la temperatura de +15°C, ceea ce revine la 346 g/l de H_2SO_4).

• **Principiul de funcţionare a acumulatorului cu plăci de plumb** este următorul: energia electrică de curent continuu este înmagazinată în acumulator sub formă de energie chimică în timpul încărcării printr-un proces electrochimic care are loc în acumulator şi restituită în timpul descărcării, prin procesul electrochimic reversibil.

Scanned with OKEN Scanner

Teoria dublei sulfatări conduce la următoarea reacţie chimică totală din acumulator:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{descărcare}}{\overset{\text{descărcare}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4 + 2H_2O.$$

Cu alte cuvinte, prin descărcare, atât dioxidul de plumb cât şi plumbul spongios se transformă în sulfat de plumb, iar la reîncărcare, materiile active ale acumulatoarelor revin în starea iniţială, trecând din nou în dioxid de plumb la electrodul pozitiv şi în plumb spongios la electrodul negativ.

Din reacţia de mai sus, se mai constată că la descărcare, în locul acidului sulfuric, în electrolit apare apa, ceea ce face ca *densitatea electrolitului să scadă.* La încărcare, din cauza consumului molecular de apă şi a reformării acidului sulfuric, *densitatea electrolitului creşte.* Această variaţie a densităţii electrolitului în timpul descărcării şi încărcării serveşte, în timpul exploatării, la determinarea stării de descărcare sau de încărcare a acumulatorului (limitele sunt indicate de fabrică).

Reacţiile electrochimice din acumulator sunt însoţite de schimb de căldură cu exteriorul: la descărcare se absoarbe din mediul înconjurător o anumită cantitate de căldură, iar la încărcare se degajă această cantitate de căldură.

De asemenea, în timpul încărcării se produc scăpări de ioni de hidrogen (H) în mediul înconjurător, ceea ce obligă la măsuri speciale în proiectarea şi exploatarea spaţiului în care sunt instalate bateriile de acumulatoare (încăperea să fie separată printr-un spaţiu tampon de restul instalaţiilor, să fie ventilată, pereţii, podelele şi ferestrele să fie vopsite antiacid, instalaţia de iluminat să fie antiexplozivă etc.).

● **Tipuri de acumulatoare cu plăci de plumb.** Acumulatoarele cu plăci de plumb de tip staţionar sunt de două categorii:

— *acumulatoare pentru descărcări mijlocii şi lente,* notate cu *L,* folosite în cazul când descărcările se fac în timp de 3—10 h;

— *acumulatoare pentru descărcări rapide,* notate cu *Ls,* folosite şi la regimuri de descărcare cuprinse între 1—2 h.

Fiecare categorie este urmată, în notaţii, de un număr cuprins între 1 şi 124, care reprezintă multiplul capacităţii şi curenţilor de descărcare şi încărcare a tipului notat cu cifra *1* (L_1 sau L_{s1}). De exemplu: capacitatea şi curentul de descărcare a tipului L_{s1} la regimul de descărcare de 2 h, sunt: 24 Ah şi 12 A. La tipul L_{s18}, la acelaşi regim de descărcare, aceste mărimi sunt: $18 \times 24 = 432$ Ah şi $18 \times 12 = 216$ A.

● **Mărimile caracteristice ale acumulatoarelor cu plăci de plumb** sunt date în cele ce urmează.

Masa specifică a electrolitului γ [g/cm^3]. La acumulatoarele staţionare, limitele aproximative de variaţie ale acesteia sunt: 1,29 g/cm^3, când acumulatorul este încărcat şi 1,15 g/cm^3, când acumulatorul este descărcat.

Tensiunea electromotoare E [V] reprezintă tensiunea la bornele acumulatorului, când circuitul exterior al acestuia este descris. Valoarea ei se poate determina aproximativ cu următoarea relaţie empirică:

$$E\,[V] = 0{,}84 + \gamma[g/cm^3].$$

Rezultă că această tensiune nu rămâne constantă nici la încărcarea, nici la descărcarea acumulatorului, deoarece este legată de masa specifică a electrolitului, γ, care, după cum s-a văzut, variază între anumite limite. Aceste limite fiind mici şi variaţiile lui E sunt mici. De exemplu: la $\gamma = 1{,}18$ corespunde

Scanned with OKEN Scanner

$E = 2{,}02$ V, iar la $\gamma = 1{,}21$ corespunde $E = 2{,}05$ V. De aici se desprinde următoarea regulă practică: *pentru a constata dacă un acumulator este încărcat sau descărcat se va măsura tensiunea la bornele sale cu circuitul exterior închis, deoarece variaţia foarte mică a tensiunii electromotoare* E, *în cazul circuitului exterior deschis nu este sesizată de instrumentele de măsură industriale.*

Rezistenţa interioară totală r_a [Ω] este valoarea rezistenţei care se opune la trecerea curentului continuu. În general, ea are valori de 0,01—0,001 Ω. Rezistenţa interioară se micşorează în timpul încărcării şi se măreşte în timpul descărcării.

Valoarea ei medie (aproximativă) se poate determina cu formula empirică:

$$r_a = \frac{0{,}1 \ldots 0{,}2}{0{,}7\,C}\ [\Omega],$$

în care: C este capacitatea acumulatorului în Ah, pentru un regim de descărcare de 10 h, iar numărătorul variază în limitele 0,1...0,2 funcţie de distanţa între plăci şi de concentraţia acidului.

Această rezistenţă variază în timpul funcţionării acumulatorului, datorită efectului de polarizare a electrozilor. Această polarizare, întâlnită numai la curenţii unidirecţionali (c.c.), constă în modificarea valorii potenţialelor de electrod faţă de valoarea pe care o au în cazul stării de echilibru. Electrozii, al căror potenţial se modifică prin trecerea curentului, se numesc *electrozi polarizaţi.* Ca efect, apare o modificare a valorii tensiunii electromotoare. Variaţia în plus sau în minus a tensiunii electromotoare poate fi exprimată matematic, prin introducerea unei mărimi E_p, denumită *tensiune de polarizare a electrozilor* şi care variază funcţie de valoarea curentului, de concentraţia electrolitului, de forma electrozilor etc.

Dacă se raportează această tensiune de polarizare la valoarea curentului, rezultă o mărime de dimensiunile unei rezistenţe, denumită *rezistenţa de polarizare* r_p:

$$r_p = \frac{\pm E_p}{I}\ [\Omega].$$

În concluzie, rezistenţa interioară totală a unui acumulator r_a se compune din doi termeni:

— *rezistenţa de polarizare* r_p;

— *rezistenţa ohmică* r, care este suma tuturor rezistenţelor părţilor traversate de curent (în care nu apar t.e.m. de polarizare).

Prin urmare:

$$r_a = r \pm r_p = r \pm \frac{E_p}{I}.$$

Tensiunea la bornele acumulatorului U [V] este tensiunea măsurată la borne, când circuitul exterior este închis, fie pe consumator, fie pe sursa de încărcare. Valoarea ei depinde de regimul de funcţionare al bateriei:

— *la încărcare:* $U_i = E + r_a I_i$;

— *la descărcare:* $U_d = E - r_a I_d$,

Scanned with OKEN Scanner

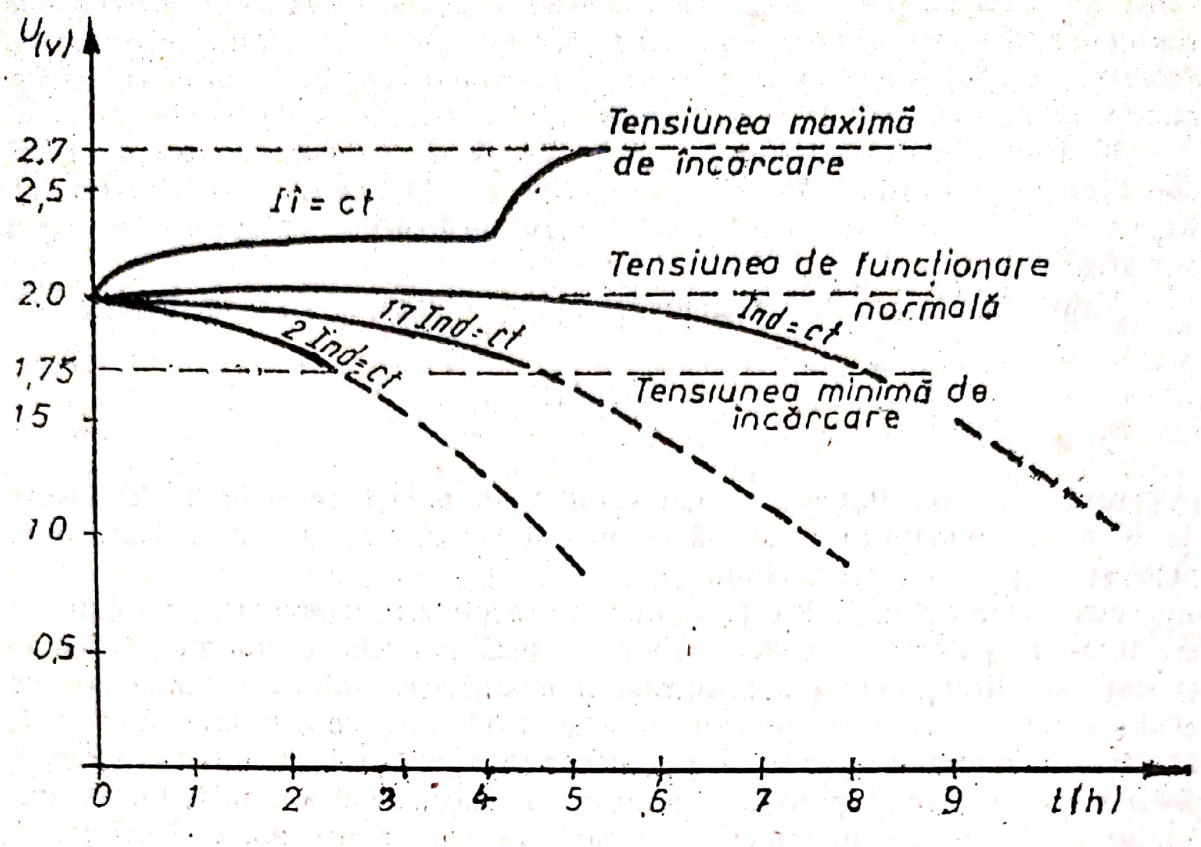


Fig. 10.9. **Caracteristica $u = f(t)$ sub curent constant, la încărcarea şi descărcarea acumulatorului.**

în care:

I_i este curentul la încărcare, în A;

I_d — curentul de descărcare, în A.

Rezultă că valoarea acestei tensiuni nu este constantă nici la încărcare, nici la descărcare. Variaţia ei depinde de regimul de descărcare al acumulatorului (regim de 3 h, de 10 h etc.), de valorile curenţilor la descărcare sau încărcare, de concentraţia electrolitului etc.

În figura 10.9 se indică aspectul calitativ al curbelor $U = f(t)$ la curent constant atât la încărcare cât şi la descărcare, precum şi influenţa intensităţii curentului asupra caracteristicii de descărcare (cu cât curentul creşte, cu atât caracteristica descreşte).

La descărcare, tensiunea la bornele acumulatorului nu poate depăşi valoarea minimă indicată de fabricant, deoarece există pericolul scăderii bruşte a tensiunii (porţiunea de curbă punctată pe figură), cu consecinţe grave atât pentru consumatori cât şi pentru acumulator.

Capacitatea acumulatorului C[Ah] este cantitatea de electricitate care poate fi obţinută de la acumulator prin descărcarea sa până la o anumită tensiune minimă admisibilă, într-un anumit timp (10; 7; 5; 5; 3; 2; 1 h). Această capacitate este cu atât mai mare cu cât regimul de descărcare este mai îndelungat (de ex.: $C_{10h} > C_{3h}$).

Curentul de descărcare I_d[A] este valoarea de curent presupusă constantă sub care se descarcă acumulatorul în regimul de descărcare ales şi se obţine din relaţia:

$$I_d[\mathrm{A}] = \frac{C[\mathrm{Ah}]}{t_d[\mathrm{h}]},$$

Scanned with OKEN Scanner

în care:

t_d — este timpul de descărcare în h, în regimul de descărcare ales;

C — capacitatea acumulatorului corespunzător acestui regim.

De exemplu, elementul L_1 are $C_{10} = 36$ Ah (capacitatea la un regim de descărcare de 10 ore). Deci

$$I_{d10} = \frac{C_{10}}{10} = \frac{36}{10} = 3{,}6 \text{ A}.$$

Dacă se alege alt regim de descărcare,mai scurt ($t_d = 5$ ore), acel element L_1 are $C_5 = 31$ Ah. Rezultă:

$$I_{d5} = \frac{31}{5} = 6{,}2 \text{ A}.$$

Curentul de încărcare maxim $I_{i\,max}$[A] este valoarea maximă a curentului cu care poate fi încărcat acumulatorul respectiv. Fabrica indică următoarele valori: pentru Ls_1, 11 A şi pentru L_1, 9 A. Pentru alte capacităţi se înmulţesc aceste valori cu indicele elementului respectiv. De exemplu: L_6 va avea un curent de încărcare maxim $I_{i\,max} = 6 \cdot 9 = 54$ A.

Curentul de şoc i_{soc}[A] este valoarea curentului maxim admis la descărcarea acumulatorului într-un regim de descărcare de scurtă durată (<5 s). El are valoarea de 2,5 ori mai mare decât a curentului corespunzător regimului de descărcare de 1 h (numai la elementele Ls), adică $i_{soc} = 2{,}5\ I_{d1h}$. De exemplu, pentru acumulatorul tip Ls_5, care are $I_{d1h} = 95$ A, curentul de şoc, $i_{soc} = 2{,}5 \times 95 = 237{,}5$ A.

Tensiunea nu trebuie să scadă în timpul şocului la o valoare sub 78% din valoarea pe care o avea în momentul premergător şocului.

Randamentul în cantitate de electricitate η_c reprezintă raportul între cantitatea de electricitate cedată de acumulator la descărcare C_d şi cantitatea de electricitate primită de acumulator la încărcare C_i, adică:

$$\eta_c = \frac{C_d}{C_i} = \frac{I_d t_d}{I_i t_i}.$$

Valoarea acestui randament la tipurile L de acumulatoare cu plăci de plumb este de 85—90%.

Randamentul de energie al acumulatorului η reprezintă raportul între energia electrică cedată de acumulator la descărcare W_d şi cea primită la încărcare W_i, adică:

$$\eta = \frac{W_d}{W_i} = \frac{U_{d\,med} I_d t_d}{U_{i\,med} I_i t_i},$$

în care: $U_{d\,med}$ şi $U_{i\,med}$ sunt valorile medii ale tensiunilor la descărcarea, respectiv la încărcarea acumulatorului în limitele admise de furnizor.

Acest randament pentru tipul L este de 70—80%.

• Un fenomen, de care trebuie ţinut seamă atât în proiectarea cât şi la exploatarea instalaţiilor de c.c. cu baterii de acumulatoare cu plăci de plumb, este **fenomenul autodescărcării.**

Scanned with OKEN Scanner

Autodescărcarea este pierderea nerecuperabilă a capacităţii elementului, atât în circuit exterior deschis cât şi în circuit închis, ca urmare a unor procese interne ca de exemplu:

— reacţia secundară dintre electrolit şi placa negativă;

— lanţul electrochimic al masei active în scurtcircuit, format la placa pozitivă de PbO_2 cu plumbul grătarului, în prezenţa soluţiei de acid sulfuric;

— formarea unor elemente parazite prin depunerea la catod a unor impurităţi metalice.

Prin autodescărcare, acumulatoarele cu plăci de plumb, staţionare, pierd zilnic până la 0,5—1% din capacitatea lor.

2. ACUMULATOARELE ALCALINE

Acestea sunt de două tipuri principale: cu **fero-nichel** şi cu **cadmiu-nichel.** Cele cu zinc-nichel introduse sporadic în unele ţări nu au luat o dezvoltare importantă.

Masa activă la plăcile pozitive este formată din hidrat negru de nichel $Ni(OH)_3$; la plăcile negative ea este formată din fier amestecat cu puţin mercur la acumulatoarele Fe-Ni şi cadmiu amestecat cu fier la acumulatoarele Cd-Ni. Electrolitul este o soluţie apoasă de potasă caustică sau de sodă caustică. La cele Fe-Ni se adaugă şi un anumit procent de hidrat de litiu.

Faţă de cele cu plumb, acumulatoarele alcaline prezintă următoarele particularităţi:

— tensiunea de lucru pe element este de 1,2 V în loc de 2 V; deci pentru formarea unei baterii sunt necesare mai multe elemente alcaline decât cu plumb;

— funcţionarea în regim de încărcare permanentă este îngreuiată prin diferenţa mare a tensiunii finale de descărcare faţă de tensiunea de încărcare;

— randamentul este mai mic;

— rezistenţa interioară este mai mare;

— controlul stării de descărcare se face prin măsurarea numărului de amper-ore sau de watt-ore debitate faţă de capacitatea completă a acumulatorului la regimul de descărcare considerat;

— nu pot funcţiona sub 5°C;

— sunt mai robuste;

— întreţinerea lor este mai uşoară;

— durata de serviciu este mai lungă;

— variaţia regimului de descărcare influenţează mai puţin capacitatea acumulatorului;

— autodescărcarea este mai redusă.

3. DISPUNEREA ECHIPAMENTULUI DIN STAŢIA DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR

În figura 10.10 este arătat un exemplu de compartimentare a staţiei de încărcare a acumulatoarelor, unde se disting:

— camera redresoarelor, în care poate fi amplasat şi tabloul general de c.c.;

Scanned with OKEN Scanner

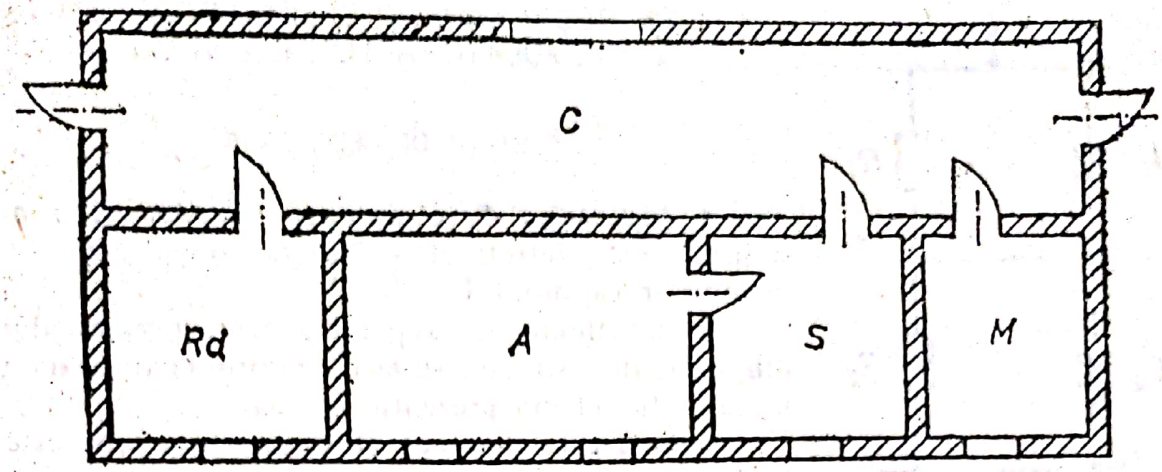


Fig. 10.10. **Exemplu de compartimentare a staţiei de încărcat acumulatoare electrice:** *C* — culoare; *Rd* — camera redresorului; *A* — camera bateriei de acumulatoare; *S* — sas; *M* — magazia.

— camera bateriilor de acumulatoare;

— magazia în care se depozitează acidul, apa distilată, soda caustică etc.;

— sasul (camera tampon), prin care se comunică cu restul încăperilor, impus de faptul că în timpul încărcării se formează gaze care prezintă pericol de incendiu şi de explozie în camera acumulatoarelor şi care, prin prescripţii *PSI*, nu trebuie să comunice direct cu spaţiile tehnologice.

La amenajarea camerei bateriilor de acumulatoare trebuie să se ţină seama de următoarele considerente;

— pereţii, planşeele şi pardoselile trebuie să fie din materiale incombustibile, rezistente la acţiunea electrolitului;

— se recomandă vopsirea pereţilor, plafonului uşilor şi ferestrelor cu vopsea antiacidă;

— ferestrele situate în bătaia soarelui să fie mătuite;

— uşile trebuie să se deschidă spre exterior;

— acumulatoarele se montează pe postamente protejate contra acţiunii electrolitului, dimensiunile şi distanţele minime faţă de pereţi fiind cele indicate de furnizor;

— pentru fiecare şir de elemente trebuie să existe un coridor de acces cu lăţimea de cel puţin 0,8 m;

— conductoarele de legătură la baterii trebuie să fie constituite din bare de cupru neizolate, sau din bare de cupru izolate cu materiale rezistente la electrolit şi umezeală;

— corpurile de iluminat trebuie să fie antiexplozive, ca şi restul instalaţiei, întreruptoarele fiind plasate în exteriorul camerei;

— temperatura trebuie menţinută cât mai constantă, în jurul valorilor de +10°C – +15°C;

— camera de acumulatoare trebuie bine ventilată (de regulă natural). Intrarea aerului proaspăt trebuie să se facă în apropierea pardoselii, iar ieşirea aerului în partea opusă intrării, în apropierea plafonului. În cazul ventilaţiei mecanice, motorul şi ventilatorul se amplasează în afara camerei acumulatoarelor trebuind să fie de tipul rezistent la mediul umed şi corosiv.

Scanned with OKEN Scanner

C. EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA STAŢIILOR DE REDRESARE ŞI DE ÎNCĂRCARE A ACUMULATOARELOR ELECTRICE

1. STAŢIA DE REDRESARE

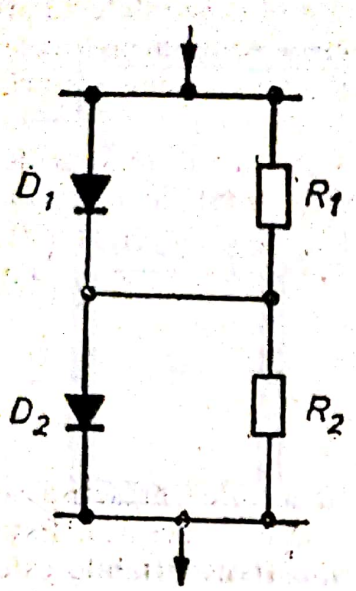


Fig. 10.11. **Legarea în serie a diodelor redresoare.**

• **Aparatajul de comutaţie, comandă şi semnalizare** este întreţinut şi reparat după cum s-a explicat în capitolul 3.

• Întreţinerea şi repararea **transformatorului** din staţia de redresare se face conform celor arătate în capitolul 11 din prezentul manual.

• **Încărcarea unui element redresor** este limitată de tensiunea necesară şi de densitatea de curent admisibilă. Se constată că la legarea în serie a mai multor elemente, repartiţia tensiunii este diferită de la element la element, din cauza caracteristicilor diferite, astfel încât variaţia maximă a tensiunii este de 30—40%. Pentru o repartizare uniformă a tensiunii inverse se utilizează în paralel pe diode câte o rezistenţă a cărei valoare este aproximativ 1/43 din rezistenţa inversă a diodelor (fig. 10.11).

Dacă curentul direct şi tensiunea inversă, care apar în funcţionarea normală pe elementele redresoare, se menţin în limite admisibile precizate în catalog, acestea vor funcţiona un timp practic nelimitat. Defectele apărute în exploatare se datoresc pe de o parte imperfecţiunilor tehnologice de fabricaţie a elementelor redresoare, iar pe de altă parte supratensiunilor şi suprasarcinilor.

Supratensiunile sunt provocate de: întreruperea curentului de magnetizare al transformatorului, punerea acestui transformator sub tensiune, întreruperea unei sarcini inductive pe partea de c.c. a redresorului, de supratensiunile din reţeaua de alimentare etc.

În tabelul 10.1 se indică natura supratensiunii şi mijlocul de protecţie împotriva ei.

TABELUL 10.1

Natura supratensiunii şi mijlocul de protecţie împotriva ei

Natura supratensiunii	Mijloc de protecţie
Supratensiuni atmosferice	Descărcător la intrarea în transformator.
Supratensiuni la cuplarea transformatorului	Ecran între primar şi secundar, legat la pământ. Condensatoare de capacităţi mici, legate la pământ.
Supratensiuni la întreruperea curentului de sarcină inductiv	Circuit *RC* serie, legat în paralel cu sarcina pe partea de c.c.
Supratensiuni la cuplarea şi decuplarea transformatorului la reţea, în gol	Circuite *RC* serie, legate fie pe partea de c.c. fie la intrarea în redresor.

Scanned with OKEN Scanner

Suprasarcinile se datoresc: scurtcircuitelor pe partea de c.c. sau defectelor pe circuitele diodelor (fie se întrerupe o diodă şi atunci se supraîncarcă cele rămase în funcţiune, legate în paralel, fie se scurtcircuitează unele laturi, punând sursa în scurtcircuit).

Pentru protecţia împotriva suprasarcinilor se utilizează fie elemente limitatoare (inductanţe pe partea de c.a., rezistenţe în circuitul de c.c.), fie elemente întreruptoare ale circuitului (întreruptoare rapide, siguranţe fuzibile).

Toate aceste elemente de protecţie trebuie să fie verificate periodic iar cele necorespunzătoare înlocuite.

2. STAŢIA DE ACUMULATOARE

• **Acumulatoare cu Pb.** Umplerea cu electrolit de densitatea prescrisă se face de către fabrica producătoare, sau după indicaţiile date de aceasta. Este de menţionat că masa specifică a electrolitului la bateriile transportabile este mai mare decât la cele staţionare. Prepararea electrolitului se face prin diluarea acidului sulfuric pur cu apă, turnând acid în apa distilată şi nu invers, pentru evitarea accidentării prin împroşcare cu acid, datorită degajării bruşte a unei cantităţi mari de căldură. Umplerea acumulatorului cu electrolit se face după circa două ore de la prepararea acestuia, iar încărcarea se poate începe numai la 24 ore după umplere. Umplerea se face cu electrolit având temperatura maximă +30°C, iar acesta trebuie să acopere plăcile cu peste 15 mm.

Înainte de punerea la încărcare a unui acumulator electric, trebuie verificată polaritatea (polul pozitiv al acumulatorului să fie legat la polul pozitiv al sursei). Prima încărcare se face totdeauna în trepte, prima treaptă terminându-se când tensiunea pe element este de 2,30—2,35 V (degajarea gazelor). Intensitatea de curent maximă la încărcare este arătată în instrucţiunile fabricii constructoare. În tot timpul încărcării se controlează greutatea specifică a electrolitului (mai mică la început şi mai mare la sfârşit, având valorile indicate de fabricant).

În timpul funcţionării (în special la bateriile transportabile), trebuie urmărit ca să nu se atingă tensiunea minimă de descărcare (– 1,8 V/element); altfel, se produce *fenomenul de sulfurare a plăcilor,* ducând la reducerea capacităţii acumulatorului.

• **Acumulatoare alcaline.** Ca şi cele cu plumb, la acumulatoarele alcaline electrolitul este preparat conform instrucţiunilor fabricii producătoare. Încărcarea începe la circa 2 ore după umplerea acumulatorului. Încărcarea se face în mai multe faze: la început se încarcă timp de şase ore cu o intensitate de curent normală şi timp de şase ore cu 1/2 din intensitatea normală. Apoi se descarcă la intensitatea normală timp de patru ore. Se repetă operaţiile de mai sus, a doua descărcare fiind continuată până la 1 V/element. Electrolitul se scoate din bac, se spală vasul cu apă distilată, se umple din nou şi apoi se repetă operaţiile de încărcare. Schimbarea electrolitului şi spălarea sunt necesare pentru îndepărtarea carbonaţilor conţinuţi în masa activă.

Minimum o dată pe an se face verificarea capacităţii acumulatoarelor, iar cele găsite cu o capacitate de valoare sub 80% din cea normală se înlocuiesc.

Pentru eliminarea acţiunii vătămătoare a carbonaţilor, electrolitul acumulatoarelor Cd—Ni se schimbă cel puţin o dată pe an, iar cel al acumulatoarelor Fe—Ni de cel puţin două ori pe an. Tensiunea minimă de descărcare este de 1 V/element.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 11

EXPLOATAREA, ÎNTREŢINEREA ŞI REPARAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DIN INSTALAŢII

A. GENERALITĂŢI

În cadrul întreprinderilor industriale, echipamentul electric, prin folosirea sa, suferă un proces de uzură fizică sub acţiunea factorilor mecanici, termici, chimici etc. şi a factorilor naturali. Uzura poate fi:

— *normală,* ca urmare a unei exploatări de lungă durată a utilajului;

— *de avarie,* ca urmare a unor defecţiuni grave petrecute fie la echipament (ruperea paletelor ventilatorului, scurtcircuit între spire etc.), fie în reţeaua din zona în care este încorporat acesta, când intensitatea de uzare, într-un timp scurt, atinge un asemenea grad încât funcţionarea devine imposibilă (desprinderea bobinelor înfăşurărilor, îndoirea arborelui la maşini, distrugerea izolatoarelor la transformatoare etc., sub efectul electrodinamic al curenţilor de scurtcircuit).

Cauzele care conduc la mărirea gradului de uzură a echipamentului sunt:

— nerespectarea regimului de exploatare stabilit;

— nerespectarea regimului de întreţinere stabilit în cartea tehnică sau în prescripţiile tehnice;

— executarea lucrărilor de întreţinere şi a reparaţiilor în mod superficial;

— nerespectarea graficului şi a condiţiilor tehnice de reparaţii;

— nerespectarea regulilor de montare şi instalare a aparatajului şi a maşinilor electrice;

— defecte de construcţie şi modul greşit de alegere şi dimensionare a echipamentului atât în condiţiile normale, dar mai ales în cele de avarie ale instalaţiei electrice în care este plasat acesta;

— suprasolicitările electrodinamice şi termice, în cazul scurtcircuitelor din reţeaua electrică din zonă.

Pentru a preveni uzura fizică excesivă a unei maşini, pentru a înlătura efectele acestei uzuri şi pentru a-i asigura o cât mai bună funcţionare la parametrii optimi, în întreprinderi se organizează un sistem de reparaţii preventive, planificate, care constă în luarea unor măsuri organizatorice şi tehnice de întreţinere tehnică şi reparare a echipamentului, aplicate în baza unui plan prestabilit, în scopul menţinerii în timp a caracteristicilor funcţionale şi deci a unei exploatări raţionale a acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

— **Clasificare.** Lucrările de reparaţii se clasifică în următoarele categorii:
— **revizie tehnică** (*RT*);
— **reparaţii:**
— *reparaţii curente I* (RC_1);
— *reparaţii curente II* (RC_2);
— *reparaţii capitale* (*RK*).

Încadrarea în cele două categorii se face în funcţie de:
— volumul lucrărilor ce trebuie executate şi valoarea de deviz a acestora;
— ciclul de funcţionare a utilajului;
— starea fizică a instalaţiilor la data opririi.

Lucrările ce trebuie executate, pe tipuri de reparaţii, se stabilesc prin nomenclatoare de lucrări, aprobate de forul tutelar al întreprinderilor, pentru fiecare tip de instalaţie.

Revizia tehnică *(RT)* cuprinde ansamblul de operaţii executate sistematic (periodic) pentru verificarea, curăţarea, ungerea, înlocuirea unor piese uzate şi eliminarea unor defecţiuni ce impun lucrări de mică amploare, având şi scopul de a constata starea tehnică a utilajelor, înaintea primei reparaţii planificate.

Revizia tehnică are drept scop menţinerea stării tehnice corespunzătoare a utilajului, prevenirea şi eliminarea defecţiunilor la părţi care au un grad de fiabilitate redus (garnituri, rulmenţi), curăţirea suprafeţelor de schimb de căldură, verificarea organelor şi fluidelor din ansamblul de ungere şi înlocuirea lor după caz, verificarea şi punerea la punct a elementelor de siguranţă, protecţie şi automatizare.

Revizia tehnică se execută pe locul de funcţionare a instalaţiei, de către echipe specializate.

Ordinea de execuţie a lucrărilor, cu ocazia unei revizii tehnice, este următoarea:
— pregătirea echipamentului pentru *RT;*
— controlarea cu atenţie a stării de uzură a lui, pentru a se determina posibilitatea funcţionării în continuare şi eventualele mici reparaţii pentru remedierea uzurilor constatate;
— executarea operaţiilor de reglaj a echipamentului, înlăturarea jocurilor anormale.

În cazul în care se constată un defect ce ar putea conduce la scoaterea din funcţiune a echipamentului, sau dacă pentru eliminarea defecţiunilor constatate este nevoie de înlocuirea unor piese sau subansamble, atunci se va executa în continuare *RC* necesară.

Reparaţia curentă *(RC)* cuprinde ansamblul de operaţii prin care se remediază toate defecţiunile apărute în perioada exploatării, cu excepţia acelora ce se efectuează în cadrul reparaţiilor capitale. Reparaţiile curente se pot executa fie fără demontarea ansamblurilor sau subansamblurilor, pentru înlocuirea pieselor defecte, fie prin demontarea lor în scopul remedierii sau înlocuirii lor cu altele noi sau reparate.

În funcţie de durata ciclului de reparaţii , de volumul lucrărilor care se execută şi de valoarea pieselor şi a subansamblurilor reparate, recondiţionate sau înlocuite, reparaţiile curente se împart în RC_1 şi RC_2.

---

* **Ciclul de reparaţii** este intervalul de timp dintre două reparaţii capitale (*RK*) succesive, în care este inclusă şi durata de execuţie a uneia dintre ele.

Scanned with OKEN Scanner

Cu ocazia reparaţiilor curente se pot efectua şi lucrări de modernizare şi de îmbunătăţire a anumitor părţi componente ale echipamentelor de către echipele specializate în acest scop.

Reviziile tehnice *(RT)* şi cele curente *(RC)* se execută din fondurile de producţie.

Reparaţia capitală *(RK)* cuprinde ansamblul de operaţii efectuate în scopul readucerii echipamentului cât mai aproape de caracteristicile tehnice, constructive şi funcţionale iniţiale. Ea se execută cu demontarea totală a echipamentului, recondiţionându-se sau înlocuindu-se subansambluri, care nu mai pot funcţiona în condiţii de siguranţă şi de precizie, precum şi restabilindu-se dimensiunile normale în elementele cu grad de uzură mai puţin avansat.

Cu ocazia reparaţiilor capitale se pot aduce unele îmbunătăţiri şi modernizări, cu condiţia ca valoarea totală a reparaţiilor capitale să nu depăşească limita valorică maximă stabilită pentru *RK* respectivă (costul normal al reparaţiei capitale).

Reparaţiile capitale se execută din fonduri special alocate şi se includ în costul de producţie.

Costul normat al reparaţiei capitale nu poate depăşi 60% din valoarea de înlocuire a echipamentului respectiv. În caz contrar, el este schimbat.

— Mărimi caracteristice

Ciclul de reparaţii. În funcţie de natura echipamentului, intervalele de timp la care se efectuează diversele lucrări de reparaţii sunt foarte diferite. Astfel, reviziile tehnice la unele maşini electrice se execută la 20—30 zile, reparaţiile curente la 3—6 luni, iar reparaţiile capitale la intervale de câţiva ani.

Transformatoarele de putere au cicluri de reparaţii mult mai lungi. Astfel, reviziile tehnice se execută o dată pe an, reparaţiile curente la 5—6 ani, cele capitale la 10—20 ani.

Costul reparaţiei reprezintă suma tuturor cheltuielilor necesare efectuării reparaţiei. Se determină cu relaţia:

$$C_t = C_m + C_n + C_p + R + I, \tag{11.1}$$

în care:

C_m este costul materialelor necesare;
C_n — costul lucrărilor executate manual şi pe maşinile-unelte (manoperă);
C_p — costul pieselor de schimb;
R — cheltuielile de regie;
I — cheltuielile diverse.

Durata reparaţiei reprezintă intervalul de timp dintre momentul scoaterii (retragerii) din funcţiune a echipamentului electric şi momentul terminării reparaţiei. Durata reparaţiei se calculează cu relaţia:

$$A = \frac{B}{KS} + H, \tag{11.2}$$

în care:

A este durata reparaţiei în ore;
B — numărul de ore de lăcătuşerie, operaţii electrice şi prelucrări pe maşini-unelte;
K — numărul tuturor muncitorilor care lucrează la reparaţii;

Scanned with OKEN Scanner

S — numărul de schimburi de câte 8 ore, în care se lucrează la reparaţii;
H — timpul necesar pentru verificarea funcţionării echipamentului după reparaţie, precum şi timpul necesar vopsirii şi uscării, în ore.

Complexitatea reparaţiei este exprimată printr-un coeficient supraunitar.

Structura ciclului de reparaţii reprezintă ordinea diferitelor feluri de reparaţii ale echipamentului respectiv. Spre exemplu, pentru un motor electric, structura ciclului de reparaţii este:

$$RK - RT - RT - RT - RC - RT - RT - RT - RK.$$

Stocul de piese de schimb reprezintă cantitatea maximă necesară a pieselor ce trebuie procurate din timp în vederea asigurării continuităţii lucrărilor de reparaţii şi aflate la dispoziţia atelierului de reparaţii. Pe măsură ce stocul scade în urma executării unor reparaţii, el trebuie mereu completat, până la valoarea maximă, nefiind admisă scăderea lui până la limita minimă, ce se calculează cu relaţia:

$$S = MT, \tag{11.3}$$

în care:
S este stocul minim în buc.;
M — norma lunară de consum de piese de schimb, în buc./h;
T — durata necesară confecţionării pieselor de schimb în vederea completării la maximum, în ore.

Consumul de materiale reprezintă cantitatea materialelor ce intră în procesul unei reparaţii, stabilită pe baza fişei de constatare, care se întocmeşte la demontarea echipamentului de reparat.

2. LUCRĂRILE DE ÎNTREŢINERE

Între două reparaţii succesive are loc procesul de întreţinere ce include aplicarea regulilor de exploatare a echipamentului respectiv, indicate în prescripţiile tehnice ale furnizorului, precum şi eliminarea la timp a defecţiunilor accidentale. Ea este efectuată de către personalul de exploatare (în unităţile energetice: centrale, staţii, reţele) sau de către personalul de întreţinere (în secţiile întreprinderilor industriale).

Organizarea activităţii de întreţinere se bazează pe cunoaşterea fiabilităţii fiecărei maşini în parte, sau, cu alte cuvinte, pe probabilitatea ca maşina să funcţioneze fără defecţiuni în toată perioada de viaţă utilă.

Întreţinerea operativă a instalaţiilor electrice şi echipamentului electric de pe utilajele industriale este realizată de către electricienii de exploatare şi întreţinere din tură (de schimb) ale căror atribuţii sunt:

— să ia cunoştinţă de starea şi regimul de funţionare a întregului echipament din sectorul lor de lucru şi de lucrările ce trebuie executate în schimbul lor;

— să efectueze personal controlul echipamentului electric, conform prevederilor stabilite prin instrucţiunile de serviciu;

Scanned with OKEN Scanner

— să ia măsuri imediate pentru înlăturarea deranjamentelor produse în schimbul lor;

— să raporteze şefului imediat superior din schimb deficienţele observate şi să le consemneze în registrul de defecte (pentru echipa de reparaţii);

— la apariţia unei avarii în instalaţia electrică, să ia măsurile necesare pentru restabilirea funcţionării normale a echipamentului;

— să controleze starea tehnică a tablourilor electrice, a pupitrelor de comandă, a dispozitivelor de pornire etc., cu luarea măsurilor necesare prevăzute de tehnica securităţii muncii.

Întreţinerea curentă şi supravegherea zilnică, contribuie la:

— funcţionarea continuă a echipamentului;

— asigurarea calităţii şi integrităţii produselor, înlăturarea rebuturilor, mărirea productivităţii muncii;

— preîntâmpinarea avariilor;

— mărirea duratei de funcţionare a echipamentului între cele două reparaţii.

— reducerea opririlor echipamentului din cauza reparaţiei.

B. TRANSFORMĂTOARE DE PUTERE

Transformatoarele de putere coborâtoare din dotarea consumatorului şi pe care acesta are dreptul să le exploateze, prezintă următoarele caracteristici tehnice:

— trifazate, cu două înfăşurări, cu miez magnetic cu trei coloane;

— gama de puteri aparent nominale: S = 100 ... 1 600 kVA;

— grupele de conexiuni: $Y - Z_0 - 5$; $Y - Y_0 - 12$, $\Delta - Y_0 - 12$;

— răcirea; în ulei, naturală;

— reglajul tensiunii fără sarcină ±5%;

— gama de tensiuni de partea primară: 6 ... 20 kV;

— tensiunea pe partea de joasă tensiune: 380/220 V;

— instalarea: în boxele de transformator din postul de transformare al consumatorului (*PT*);

— gama tensiunilor procentuale de scurtcircuit: 4 ... 6%;

— gama curenţilor procentuali de mers în gol: 1,7 ... 3,4%;

— gama pierderilor la mersul în gol: 480 W ... 3 500 W;

— gama pierderilor la mersul în scurtcircuit: 2 760 .. 20 200 W.

1. EXPLOATAREA TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE

a. Funcţionarea în paralel

În funcţie de puterea cerută de consumator, în postul de transformare pot funcţiona în paralel mai multe transformatoare, fie în mod permanent, fie în mod intermitent, cuplate la barele colectoare prin dispozitivele de anclanşare automate a rezervei (*AAR*), sau prin sistemul de reglaj automat al puterii transferate (*SRAP*) în funcţie de curba de sarcină a consumatorului.

Pentru funcţionarea lor în paralel trebuie respectate următoarele condiţii:

— grupe de conexiuni cu acelaşi indice numeric;

---

* A se vedea definiţia dată în subcap. 5D.

Scanned with OKEN Scanner

— rapoarte de transformare egale;
— tensiuni de scurtcircuit diferite cu maximum +10% față de valoarea medie la toate unitățile ce trebuie să funcționeze în paralel;
— raportul puterilor nominale: sub 3:1.

Transformatoarele aparținând grupelor de conexiuni, cu indicii numerici *5* și *11* pot funcționa în paralel în cazul când conexiunile sunt transpuse în mod corespunzător.

b. Regimul economic de funcționare al transformatoarelor

Puterea cerută de receptoarele racordate la postul de transformare uzinal variază în cursul a 24 ore, fiind diferită în perioada de vară față de cea de iarnă.

Ilustrarea grafică a acestei variații este dată de curbele de sarcină zilnică, redate orientativ în figura 11.1. Dacă în post sunt instalate mai multe transformatoare, nu se mențin toate conectate în permanență, ci la o reducere a sarcinii, o parte dintre acestea se deconectează, la creșterea sarcinii, din contră, ele se conectează. Momentele conectării și deconectării se stabilesc pe baza regimului economic al funcționării transformatoarelor. Se consideră drept **regim economic**, acel regim de lucru la care pierderile active și reactive de putere și energie din transformatoare sunt minime.

După cum se știe de la disciplinele „Electrotehnică" și „Mașini electrice", funcționarea unui transformator în sarcină este însoțită de pierderi de puteri active (în rezistențele înfășurărilor și în miezul transformatorului) și de pierderi de puteri reactive (cele datorită magnetizării miezului și în reactanțele inductive ale înfășurărilor). Pierderile active în miezul transformatorului și cele reactive pentru magnetizare sunt constante în raport cu sarcina; celelalte sunt variabile cu pătratul sarcinii.

Plecând de la faptul că un transformator are randamentul maxim la acea sarcină la care pierderile la funcționare în gol (pierderile active în miez și cele reactive pentru magnetizare) sunt egale cu pierderile la scurtcircuit (pierderile active în rezistențele înfășurărilor și cele reactive în reactanțe) și introducând noțiunea de *echivalent economic al puterii reactive K*, se obține relația 11.4,

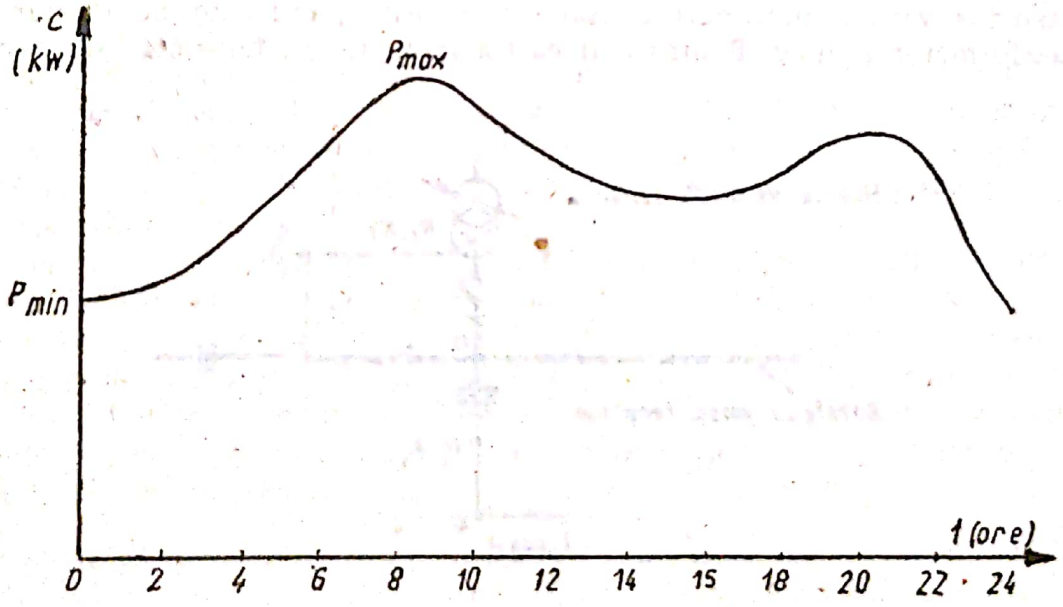


Fig. 11.1 Curba de sarcină la o întreprindere cu lucrul în trei schimburi, pe timp de iarnă.

Scanned with OKEN Scanner

care arată că la o încărcare totală > S este necesar ca la cele n transformatoare în funcţiune să se conecteze încă unul; la o încărcare totală < şi la un număr $n + 1$ transformatoare în funcţiune este necesar să se deconecteze unul; la o încărcare totală = S, numărul de transformatoare în funcţiune poate fi n sau $n + 1$ (în ambele cazuri pierderile sunt egale);

$$S = S_{nom} \sqrt{n(n+1)\frac{\Delta P_0 + K\Delta Q_0}{\Delta P_{sc} + K\Delta Q_{sc}}} \qquad (11.4)$$

în care:

S este încărcarea totală a postului, în kVA;
S_{nom} — puterea nominală a unui transformator (presupunând că transformatoarele au puterea egală), în kVA;
n — numărul de transformatoare;
P_0 — pierderile active la funcţionarea în gol, în kW;
P — pierderile active la funcţionarea în scurtcircuit, în kW;
Q_0 — pierderile reactive la funcţionarea în gol, în kVAR;
Q — pierderile reactive la funcţionarea în scurtcircuit, în kVAR;
K — echivalentul economic al puterii reactive, care arată care este puterea activă ce se consumă pentru a produce şi a transporta 1 kVAR de putere reactivă, în kW/kVAR (spre exemplu: $K = 0{,}2$ înseamnă că pentru a produce şi transporta 1 kVAR de putere reactivă se consumă 0,2 kW de putere activă).

c. Reglajul tensiunii în reţea cu ajutorul comutatorului cu ploturi al transformatorului

În figura 11.2 este reprezentată schematic alimentarea radială a unui consumator, ce absoarbe un curent I, cu un factor de putere cos φ.

După cum este cunoscut din capitolul 5 al manualului, în ipoteza unei tensiuni constante pe barele de medie tensiune ale postului de transformare (menţinută cu ajutorul sistemelor de reglare din reţelele de înaltă tensiune), pe barele de joasă tensiune şi în punctul C de racord al consumatorului tensiunea variază în raport cu sarcina datorită pierderilor de tensiune din transformator şi linie. Pentru a o păstra în limitele admisibile este necesară

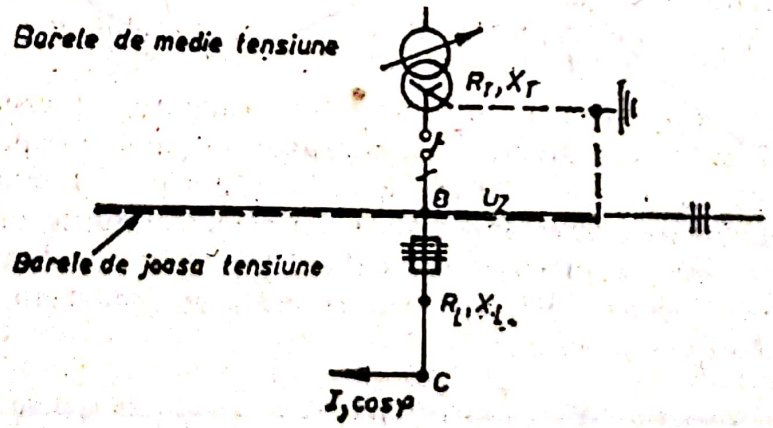


Fig. 11.2. Schemă electrică monofilară simplificată pentru exemplificarea reglajului tensiunii.

Scanned with OKEN Scanner

variaţia numărului de spire ale înfăşurării primare , care se face cu ajutorul comutatorului cu ploturi, cu care este dotat transformatorul. Din acest punct de vedere există două tipuri de transformatoare:

— cele la care comutatorul se poate manevra de la distanţă în orice moment, sub sarcină (la transformatoarele mari din staţiile electrice);

— cele la care comutatorul se poate manevra numai cu scoaterea lui de sub tensiune, de la faţa locului (cazul celor din *PT* ale consumatorilor).

d. Supraîncărcarea transformatoarelor de putere

În exploatare se practică metoda de supraîncărcare a transformatoarelor pe o durată limitată pentru a face faţă unor vârfuri de sarcină, pentru care nu ar fi economică cuplarea în paralel a transformatoarelor de rezervă sau în cazul unor strangulări în alimentarea cu energie electrică a consumatorului, când apar retrageri de echipamente din exploatare.

Capacitatea de supraîncărcare temporară a transferului depinde de: sarcina iniţială, temperaturile agenţilor de răcire, valorile maxime admisibile ale înfăşurărilor.

e. Regimuri anormale de funcţionare

Funcţionarea îndelungată a transformatoarelor este garantată de furnizorul de echipament numai dacă, în exploatare sunt respectate condiţiile prevăzute în catalogul constructorului (menţinerea sarcinii electrice a transformatorului sub valoarea maximă pe toată durata de funcţionare a acestuia, limitarea regimului de scurtcircuit şi a supratensiunilor la valorile şi durata din prospect etc.).

Funcţionarea transformatorului la sarcină asimetrică nu prezintă un interes special, chiar în limitele care merg până la curentul nominal, deoarece tensiunea secundară continuă să rămână practic simetrică în cazul conexiunilor Δ/Y_0, cum este cazul transformatoarelor de alimentare a consumatorilor.

Din contră, *scurtcircuitele,* în special cele asimetrice, prezintă un interes practic, întrucât valoarea curentului ce parcurge înfăşurarea depăşeşte frecvent cu peste 40% valoarea curentului nominal. Menţinut pe o durată mai mare, el conduce la deteriorarea transformatorului, prin temperaturile ridicate ce apar în înfăşurare şi care permit străpungerea izolaţiei chiar la tensiunile de regim normal, precum şi prin efectele electrodinamice asupra miezului magnetic şi a bobinajelor (deformarea acestora).

---

* Pentru un transformator cu două înfăşurări se poate scrie cu aproximaţie (v. fig. 11.5): $\frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1}$, w_2 fiind numărul de spire din secundar, iar w_1 cel din primar. Se deduce: $U_2 = \frac{w_2}{w_1} U_1$. Dacă $U_1 = ct$ şi $w_2 = ct$, U_2 variază invers proporţional cu numărul de spire din primar.

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea, pentru izolaţia transformatorului prezintă un pericol mare apariţia unor *unde de supratensiune* în reţeaua de alimentare, fie ca urmare a unor descărcări atmosferice, fie ca efect al unor comutaţii (conectări sau deconectări de aparate din circuitul primar al transformatorului).

În scopul protejării transformatorului de efecte de scurtcircuit şi de supratensiune se prevăd, încă din faza de proiectare a instalaţiei respective, dispozitive de protecţie reglate să sesizeze şi să acţioneze astfel încât să elimine posibilitatea apariţiei unui defect în transformator. Sarcina personalului de exploatare este de a întreţine, verifica şi regla corespunzător şi periodic aceste sisteme de protecţie.

2. ÎNTREŢINEREA TRANSFORMATOARELOR

Pe parcursul funcţionării transformatorului de putere, personalul de exploatare are obligaţia ca în timpul fiecărei ture să facă un control exterior al stării tuturor elementelor componente ale transformatorului, atât vizual, de la distanţa minimă admisă de tehnica securităţii, cât şi prin aparatele indicatoare (ampermetre, voltmetre, termometre, indicatoare de nivel ale uleiului etc.). Constatările, consemnate în registrul de exploatare al staţiei sau postului de transformare, sunt apoi analizate în scopul luării deciziei dacă transformatorul trebuie retras din exploatare, în vederea remedierilor sau îşi poate continua funcţionarea, cu anumite restricţii (diminuarea încărcării prin modificarea schemei operative a staţiei, limitarea în timp a funcţionării lui etc.). Prin aceasta se evită apariţia unor defecte majore care fac să intre în acţiune protecţia prin relee, deconectând transformatorul în mod nedorit.

Controlul are în vedere:

— starea cuvei (dacă nu există găuri, turtiri, rugină, scurgeri de ulei, calitatea etanşărilor);

— starea radiatoarelor (analog cuvei, în plus starea robinetelor, a dopurilor);

— starea conservatorului de ulei (analog radiatoarelor, în plus starea indicatorului de nivel al uleiului);

— starea expandorului (analog radiatoarelor, în plus integritatea membranei şi starea dopului de aer);

— starea capacului (analog cuvei, în plus starea buloanelor de strângere);

— starea bornelor (izolatoarelor de trecere de înaltă şi joasă tensiune: gradul de murdărie, spargeri ale porţelanului, starea prezoanelor, etanşeitatea);

— starea instalaţiei de răcire (în cazul ventilaţiei artificiale se controlează starea şi funcţionarea tuturor ventilatoarelor; în cazul răcirii prin circulaţie forţată de ulei, se cercetează pompele, coloanele de răcire, temperatura apei de răcire, precum şi temperatura uleiului la intrarea şi la ieşirea din răcitor);

Scanned with OKEN Scanner

— starea aparatelor de pe transformator (releul de gaze, siguranţele de străpungere, termometrele, termosemnalizatoarele);

— starea dispozitivului de acţionare a comutatorului (deteriorării exterioare, pierderi de ulei pe la flanşă, funcţionarea lui în cazul transformatoarelor cu comutare sub sarcină);

— starea circuitelor secundare (de protecţie, măsură, semnalizare şi comandă) ale transformatorului respectiv;

— apariţia zgomotului inadmisibil în miezul magnetic (care presupune: slăbirea presării îmbinărilor, străpungerea sau distrugerea garniturilor izolante în îmbinări).

La apariţia unui defect în interiorul transformatorului, trebuie să acţioneze în funcţie de tipul defectului, protecţiile prin relee cu care este dotat transformatorul, fie prin semnalizare, la depăşirea mărimilor electrice prescrise şi care previn personalul de exploatare în vederea luării unor măsuri operative (care să conducă la reintrarea în regimul normal de funcţionare al transformatorului), fie prin trimiterea impulsurilor de comandă la bobinele de declanşare ale întreruptoarelor, deconectând transformatorul de pe sistemele de bare pe care funcţionează.

În tabelul 11.1 se indică principalele tipuri de defecte, modul de recunoaştere şi cauzele lor posibile.

3. REPARAREA TRANSFORMATOARELOR

Repararea transformatoarelor se efectuează numai după retragerea lor din exploatare, în baza foii de manevră*, de către personalul de exploatare al staţiei sau al postului respectiv. Apoi se eliberează autorizaţia de lucru echipei de reparaţii, precizându-se defectele observate în timpul exploatării, sau indicându-se tipurile de protecţii care au acţionat la deconectarea transformatorului.

Procesul tehnologic al reparării transformatorului cuprinde următoarele faze importante:

— izolarea electrică a transformatorului de restul instalaţiei (verificarea lipsei de tensiune la bornele de înaltă şi joasă tensiune, îngrădirea locului de muncă cu benzi colorate pe care se agaţă plăcuţe avertizoare, montarea panourilor izolante, montarea scurtcircuitoarelor atât pe partea de înaltă tensiune, cât şi pe cea de joasă tensiune);

— desfacerea legăturilor electrice de la borne;

— deplasarea transformatorului din boxă sau celulă la atelierul de reparaţii;

— demontarea transformatorului;

— repararea părţilor componente defecte (miez, înfăşurări etc.);

— remontarea transformatorului;

— încercări;

— reinstalarea transformatorului în boxă sau în celulă;

— refacerea legăturilor la instalaţia electrică;

— ridicarea izolării;

— cuplarea la reţea prin executarea operaţiilor indicate în foaia de manevră întocmită în acest scop.

---

* A se vedea capitolul 5.

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 11.1

Principalele defecte şi modul lor de recunoaştere la transformatoarele de putere

Tipul defectului	Modul de recunoaştere a defectului	Cauzele posibile
Scurtcircuitarea locală a tolelor de oţel	Lucrează releul de gaze	Îmbătrânirea lacului izolant al tolelor, deteriorarea tolelor
Scurtcircuit între spire	Funcţionează protecţiile; de gaze, diferenţială, maximală (dacă aceasta este instalată pe partea alimentării)	Deteriorarea izolaţiei între spire datorită îmbătrânirii în urma uzurii normale sau a suprasarcinilor de durată sau a insuficienţei răcirii. Descoperirea înfăşurărilor în urma coborârii nivelului uleiului. Presarea necorespunzătoare a înfăşurărilor
Întreruperea în înfăşurări	Funcţionează protecţia de gaze din cauza arcului care apare în punctul de întrerupere	Distrugerea capetelor de ieşire. Lipirea interioară necorespunzătoare a conductorului. Topirea unei părţi din spire din cauza scurtcircuitului în înfăşurare
Străpungerea (punerea) la masă	Funcţionează protecţia de gaze, iar la transformatoarele cu neutrul legat la pământ şi protecţia diferenţială	Defectarea izolaţiei principale datorită îmbătrânirii sau existenţei fisurilor; umezirea uleiului. Scăderea nivelului uleiului din cuvă. Umiditate şi murdărire în ulei. Supratensiuni care au condus la străpungerea izolaţiei
Scurtcircuit între înfăşurările fazelor	Funcţionează protecţiile: de gaze, diferenţială şi maximală. Aruncarea uleiului prin expandor	Aceleaşi cauze ca în cazul precedent; în plus, scurtcircuit la borne sau la comutatorul de prize
Topirea suprafeţelor contactelor la comutatoarele cu ploturi	Funcţionează protecţiile de gaze, diferenţială şi maximală	Defectele de montaj (apăsare insuficientă a contactelor şi elasticitate insuficientă a resoartelor de presare). Supraîncălziri datorită curenţilor de scurtcircuit din zonă
Defectarea izolaţiei între tole	Semnalizează protecţia de gaze miros specific pătrunzător	Deteriorarea izolaţiei buloanelor de strângere, a izolaţiei între tole; deteriorarea sau lipsa garniturilor la jug

Scanned with OKEN Scanner

a. Demontarea transformatorului

Demontarea transformatorului comportă următoarele operaţii:

— evacuarea uleiului;

— deşurubări şi desfacerea legăturilor electrice;

— demontarea subansamblelor (izolatoarele conservatorului de ulei; expandorul etc.);

— decuvarea şi demontarea părţii active (miezul magnetic şi înfăşurările situate pe el);

— demontarea radioatoarelor.

Pentru identificarea acestor părţi componente, în figura 11.3 se reprezintă un transformator în ansamblu.

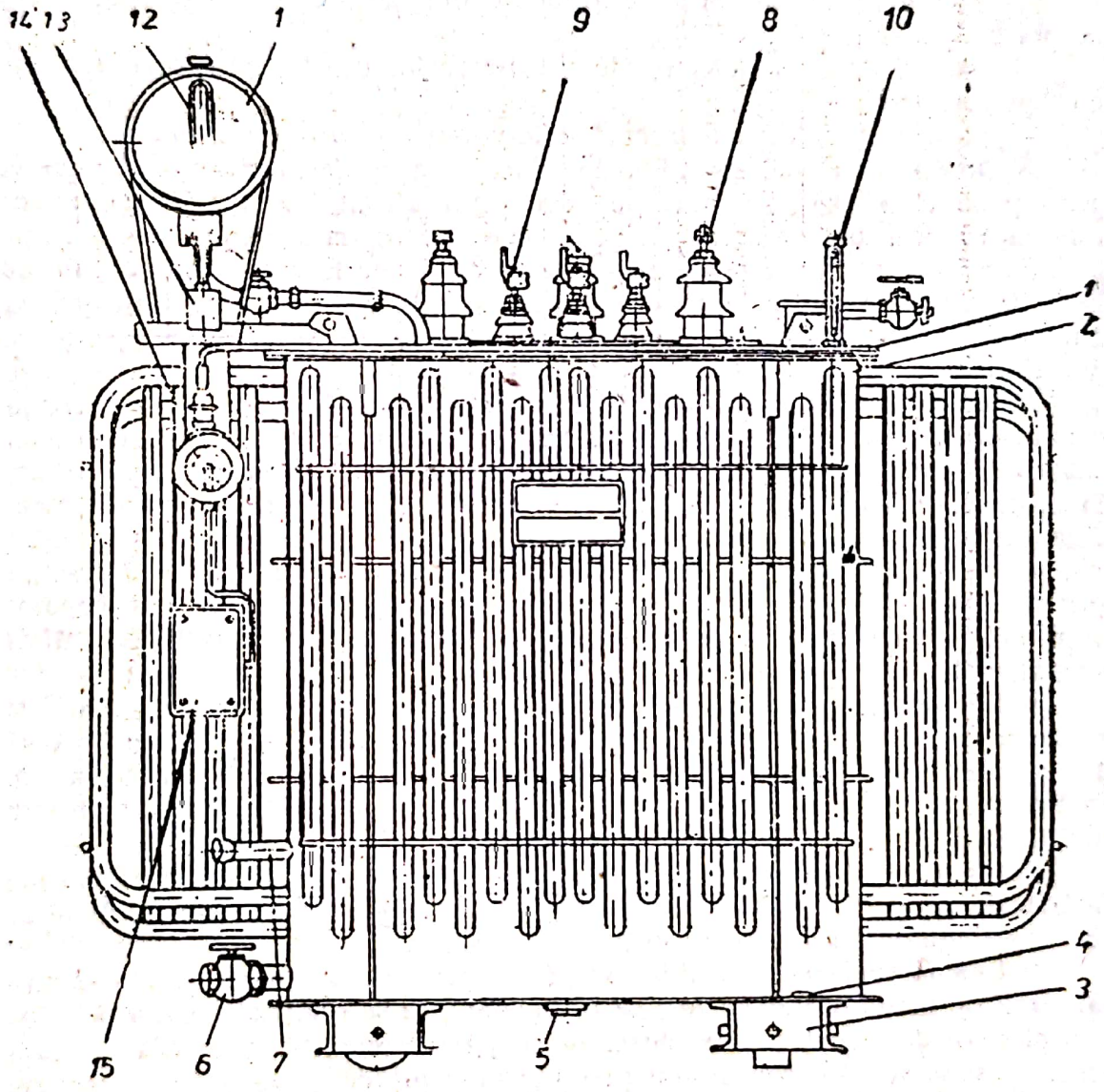


Fig. 11.3. **Vedere de amsamblu a unui transformator de putere de 1 000 kVA, 100 kV:** *1* — capac; *2* — cuvă cu radiatoare liră; *3* — Cărucior de transport; *4* — bornă de punere la pământ; *5* — buşon pentru curăţirea cuvei; *6* — robinet golire; *7* — buşon pentru luarea probelor de ulei; *8* — izolator *IT*; *9* — izolator *JT*; *10* — termometru cu mercur; *11* — conservator; *12* — nivelă de ulei; *13* — filtru de aer; *14* — termometru de contacte; *15* — cutie de borne.

Scanned with OKEN Scanner

• **Evacuarea uleiului** se poate face total sau parţial în funcţie de starea lui şi de caracterul şi volumul reparaţiei. În cazul evacuării parţiale, acesta se scurge până la nivelul jugului de sus al miezului magnetic.

Uleiul se evacuează într-un vas pregătit dinainte, curat şi uscat, prin robinetul de golire de la partea inferioară, laterală, care se leagă de vas cu ajutorul unui tub de cauciuc.

• **Deşurubarea** începe cu capacul cuvei. Apoi se desfac legăturile de izolatoarele de trecere, precum şi la comutatorul de prize. La deşurubare trebuie să se aibă în vedere următoarele reguli:

— fiecărui bulon, şurub, prezon etc. după ce a fost deşurubat trebuie să i se monteze la loc şaibele, piuliţele, contrapiuliţele etc.;

— toate elementele de prindere, reasamblate, trebuie păstrate într-un recipient (găleată, cutie etc.);

— dacă buloanele nu pot fi deşurubate, din cauză că sunt ruginite, se ung cu petrol lampant;

— dacă filetele au defecte, ele trebuie refăcute folosind tarozi şi filiere corespunzătoare;

— piesele cu defecţiuni iremediabile vor fi înlocuite cu altele noi.

• **Demontarea subansamblurilor** începe prin *demontarea izolatoarelor* care, până la 35 kV, se face, după ce s-a desfăcut legătura de la partea inferioară, prin demontarea piuliţelor care strâng clemele de presare ale izolatoarelor. Apoi *se demontează expandorul* prin desfacerea legăturii sale de la partea superioară, se leagă cu frânghie şi se agaţă de cârligul macaralei, după care se deşurubează buloanele de pe flanşa inferioară, ridicându-se ţeava de pe capac.

Demontarea conservatorului de ulei începe prin detaşarea lui de flanşa conductei de ulei, apoi de piesele de care este fixat şi cu o funie sau cu un cablu cu inele de ridicare se ridică de pe capacul cuvei, aşezându-se pe podea. Sticla indicatorului de nivel de ulei trebuie ferită de deteriorări în perioada demontării conservatorului.

Releul de gaze, precum şi *instrumentele de control al temperaturii uleiului* (termometrul cu rezistenţă, termosemnalizatorul etc.) sunt demontate imediat după evacuarea uleiului, pentru evitarea deteriorării lor în cursul demontării subansamblelor.

• **Decuvarea** înseamnă scoaterea părţii active din interiorul cuvei şi aşezarea ei pe suporţii din traverse de cale ferată, punându-se dedesubt o tavă din tablă de oţel pentru colectarea uleiului ce se prelinge de pe partea activă. În timpul ridicării, cu autorul macaralei, este necesar să se supravegheze ca nici o parte să nu se agaţe de pereţii cuvei.

Ridicarea, transportarea şi coborârea părţii active trebuie făcute cu atenţie, fără smucituri şi balansări, iar eliberarea din macara se va face numai după ce se verifică stabilitatea ei pe suporţi.

• **Demontarea părţii active** începe cu demontarea prizelor şi a comutatorului de prize. Se recomandă ca în prealabil să se schiţeze poziţia prizelor şi a pieselor de fixare, atât în partea de înaltă tensiune, cât şi în cea de joasă tensiune şi să se numeroteze atât prizele, cât şi plăcile de fixare, în care scop se leagă de ele etichete cu numerele corespunzătoare.

Toate îmbinările nedemontabile (lipituri) se curăţă în prelabil de izolaţie; dacă lipiturile sunt efectuate cu aliaj de lipit cu cositor, se dezlipesc cu ajutorul lămpii de lipit, iar dacă sunt efectuate cu aliaj de lipit tare, ele se taie cu dalta şi ciocanul punând sub ele un obiect metalic (bară, placă).

Scanned with OKEN Scanner

După deconectarea prizelor de reglaj, comutatorul se scoate, de regulă, separat de dispozitivul de fixare şi se aşază orizontal pe stelaj. Urmează demontarea grinzilor jugului şi despachetarea jugului superior. În prealabil, se depresează înfăşurările, în care scop se deşurubează (dar nu complet) buloanele de presare, lăsându-se în aripile grinzilor jugului, se scot de pe inelele de presare paharele demontabile, tălpile etc., precum şi legătura la masă a inelelor de strângere şi, dacă există tiranţi verticali, se deşurubează şi se scot de pe ei piuliţele superioare. Se deşurubează buloanele de strângere a jugului superior şi grinzile respective, se leagă cu funii grinzile jugului şi se scot afară buloanele de strângere şi aceste grinzi. Se marchează pe ele părţile de înaltă şi joasă tensiune, astfel că la remontare să fie aşezate corect.

După aceea, se ridică grinzile jugului, scoţându-se de pe tiranţii verticali şi se aşază pe pardoseală. Despachetarea jugului se face scoţând pachete formate din două-trei tole, de la capete spre mijloc, simultan din două părţi. În acest scop, pe nişte schele provizorii, instalate la înălţimea necesară, pe ambele laturi ale părţii active, se plasează în funcţie de lungimea jugului 1—3 muncitori pe fiecare parte. Fiecare muncitor aşază cu atenţie lângă el pe schelă tolele despachetate una peste alta. Pe măsură ce despachetarea progresează, tolele se iau de pe schelă şi se duc la locul de depozitare, unde se face câte o stivă din tolele aduse de pe aceeaşi parte.

Pentru scoaterea înfăşurărilor se utilizează nişte gheare ca cele din figura 11.4, care se aşază în cruce una faţă de alta. Ghearele trebuie introduse exact sub coloana de distanţori, în care scop înfăşurarea se ridică puţin cu o rangă în acel loc, astfel încât gheara să prindă numai înfăşurarea respectivă.

Între tijele ghearelor şi înfăşurare se introduc fâşii de carton preşpan şi apoi se leagă toate ghearele împreună cu înfăşurarea, cu ajutorul unei funii, la intervale mici în sensul înălţimii (formând un tot rigid). Se aduce cârligul macaralei la centrul înfăşurării şi se agaţă de el înfăşurarea cu ajutorul funiei legate de gheară în aşa fel încât în timpul ridicării să atârne de cârlig strict vertical. După scoaterea înfăşurării, ea se aşază vertical pe pardoseală, pe două grinzi, în mod stabil.

După scoaterea tuturor înfăşurărilor, se scoate de pe miezul magnetic toată izolaţia inferioară, aşezându-se în ordinea scoaterii pe stelaj.

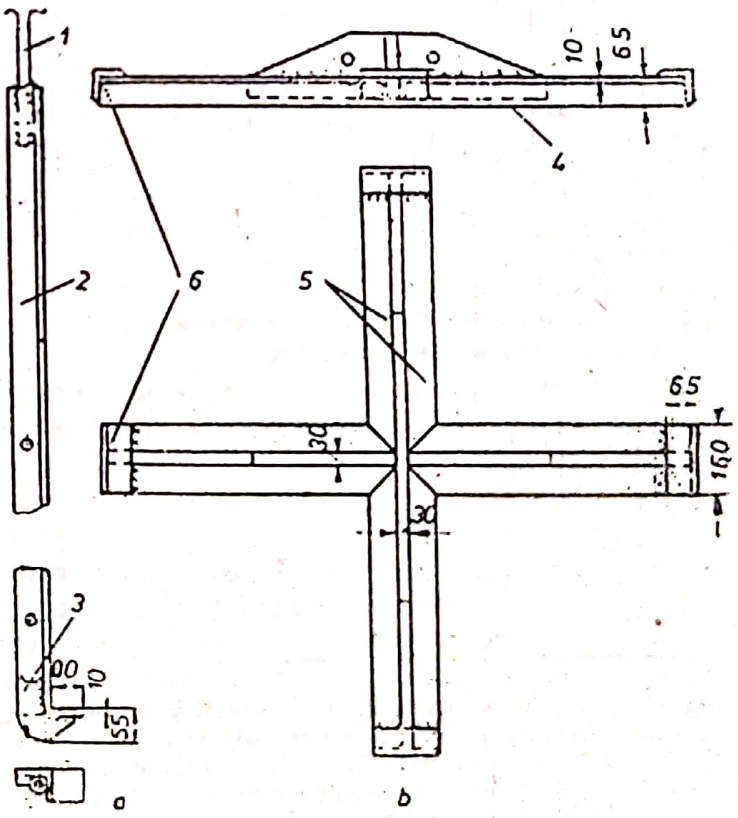


Fig. 11.4. **Dispozitiv pentru scoaterea şi montarea înfăşurărilor:**
a — gheară; *b* — cruce; *1* — prezon; *2* — tija ghearei din cornier; *3* — placă pentru întărirea ghearei; *4* — nervură; *5* — cornierele crucii; *6* — corniere laterale de consolidare.

Scanned with OKEN Scanner

• **Demontarea radiatoarelor** (cele detaşabile). Ele se scot după scoaterea părţii active. Mai întâi se închid robinetele radiatoarelor, se deşurubează cele patru piuliţe ale flanşei inferioare şi ale celei superioare. Se deplasează radiatorul cu atenţie de pe prezoane, se ridică, se transportă şi se aşază pe podea.

Pe flanşele radiatoarelor se montează fie flanşe oarbe, fie dopuri de lemn.

b. Repararea miezului magnetic

După curăţirea miezului magnetic, se efectuează un control minuţios al tolelor din coloane şi jug, privind starea lor, cât şi starea izolaţiei acestora.

Izolaţia de lac defectă, la despachetarea tolelor cade total sau parţial. Izolaţia de hârtie dintre tole, la despachetare se sfărâmă, iar cea care rămâne pe tole devine casantă, de culoare neagră.

Dacă la verificarea directă a stării tolelor şi a izolaţiei lor nu se constată urme de incendiu sau scurtcircuite locale, trebuie să se efectueze încercări speciale, în care scop jugul superior se împachetează din nou şi se presează până la dimensiunile normale.

Pentru precizarea stării izolaţiei între tole se efectuează următoarele încercări:

• **măsurarea pierderilor în gol,** folosindu-se o înfăşurare de control, care să asigure magnetizarea completă a miezului (adică inducţia la care este calculat miezul), aşezată pe coloanele miezului peste care în prealabil se înfăşoară foi de carton de preşpan cu grosimea de 2 mm şi se fixează cu bandă groasă de bumbac. Se alimentează cu tensiunea de 380/220 V şi se măsoară $P\theta'$ (pierderile în gol). Apoi se scurtcircuitează tolele marginale ale miezului, pe suprafaţa exterioară, cu un conductor şi se măsoară din nou P''_0. Dacă starea izolaţiei între tole este satisfăcătoare atunci

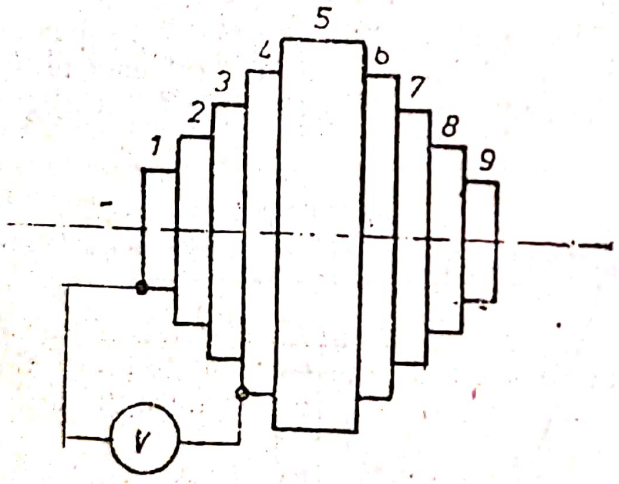


Fig. 11.5. **Schema de măsurare a tensiunii pe pachetele miezului magnetic.**

$$\frac{P_0' - P_0''}{P_0} \cdot 100 \leq 1 \ldots 2\%;$$

— **măsurarea tensiunii între tolele marginale şi pachetele miezului magnetic** (v. fig. 11.5), înfăşurarea de control fiind sub tensiune. Lipsa unei tensiuni între pachete indică o regiune în care există tole scurtcircuitate. Locul precis de scurtcircuitare se stabileşte prin examinare la demontarea pachetelor care intră în regiunea defectă;

— **măsurarea rezistenţei în c.c. a izolaţiei între tolele diferitelor pachete** conform figurii 11.6.

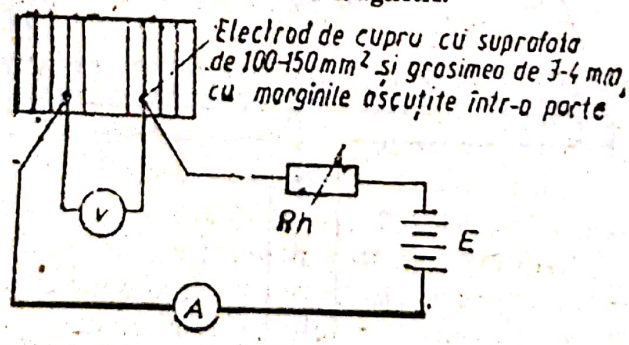


Fig. 11.6. **Schema de măsurare a rezistenţei în c.c. a pachetelor separate ale miezului magnetic:**
E — baterie acumulatoare, 2 V; *Rh* — reostat cu cursor 10—100 Ω, 5 A; A — ampermetru de c.c., 5 A; *V* — voltmetru de c.c., 25 V;

Scanned with OKEN Scanner

Fixându-se un curent de 2—2,5 A, se determină rezistența diferitelor pachete cu relațiile:

$$R_1 = \frac{U_1}{I};\ R_2 = \frac{U_0}{I};\ R_3 = \frac{U_3}{I} \text{ etc.} \qquad (11.5)$$

Rezistențele trebuie să fie aproximativ egale, pentru pachetele simetrice. Se calculează apoi rezistența specifică a izolației între tolele fiecărui pachet cu relația:

$$\rho_0 = \frac{R}{nF} \qquad (11.6)$$

în care:

R este rezistența măsurată;

F — aria tolei, în cm^2;

n — numărul de tole în pachet.

Valoarea lui ρ_0 trebuie să fie de ordinul 50—60 Ω/cm^2. Dacă starea izolației tolelor este nesatisfăcătoare, se reface izolația numai pentru acea parte de tole unde a avut loc supraîncălzirea miezului sau scurtcircuitul local și ardera tolelor de oțel. În acest caz, se demontează numai pachetele deteriorate, se îndepărtează de pe tolele arse metalul depus și bavurile, se usucă restul de ulei de pe tole, se lăcuiesc locurile golite cu ajutorul unor cârpe de in, într-un sens apoi în sens perpendicular și se coc. În cazul lipsei unui cuptor de uscare se confecționează după dimensiunile tolelor o ladă metalică, pe fundul căreia se montează o ramă cu încălzitoare electrice. Se sudează niște montanți verticali pe o placă de oțel, așezată la o mică distanță de încălzitoarele electrice, între care apoi se așază tolele, astfel încât să nu se atingă între ele. La remontarea pachetului, se așază alternativ tole recondiționate și tole nedeteriorate.

c. Repararea înfășurărilor

Înfășurările sunt cele mai afectate părți ale transformatorului, în cazul apariției unui defect în timpul exploatării acestuia. Ele suferă deteriorări ale conductorului, desfaceri de pe bobină, întreruperi sau contacte între diversele spire ale înfășurării, alterarea izolației până la arderea ei etc.

Pentru remedieri, înfășurările transformatorului sunt supuse unei tehnologii de reparație care constă în:

— scoaterea înfășurărilor de pe miezul magnetic (vezi demontarea părții active);

— scoaterea izolației de pe conductor, îndepărtarea porțiunilor deteriorate de conductor și lipirea capetelor;

— reizolarea coductorului vechi;

— rebobinarea înfășurărilor;

— uscarea, presarea, impregnarea și coacerea înfășurărilor;

— remontarea înfășurărilor pe coloanele miezului magnetic.

• Pentru **scoaterea izolației** de pe conductor, acesta se trece printr-o clemă corespunzătoare secțiunii conductorului. Simultan, conductorul se îndreaptă, ciocănindu-l cu un ciocan de lemn pe un bloc de lemn și se șterge prin apăsare cu cârpe. Dacă izolația se curăță greu și în special, când conductorul este ecruisat (întărit), colacii de conductor se recoc în cuptoare la 550—600°C. În lipsa acestora, se utilizează focul pe vatră, momentul scoaterii

Scanned with OKEN Scanner

din foc fiind indicat de culoarea vişiniu închis pe care o capătă cuprul. Atunci el este scos din foc şi răcit în aer până la temperatura mediului ambiant.

Când se descoperă în conductor goluri, găuri etc., porţiunile respective se taie, iar capetele conductorului se lipesc prin suprapunere, cu aliaj de argint. Lipirea se face cu cleştele electric, capetele fiind în prealabil prelucrate pentru lipire.

Pentru controlul calităţii lipiturilor, acestea se verifică atât mecanic cât şi electric (se măsoară rezistenţa de contact).

• **Reizolarea conductorului** se face manual sau cu maşini de izolat (dacă există în dotarea atelierului). Pentru izolare se utilizează hârtie de cablu (STAS 5649), cu grosimea de 0,05 mm. Pentru ultimul strat de hârtie este recomandabil să se utilizeze o hârtie cu grosimea de 0,12 mm, mai ales la conductoarele de secţiune dreptunghiulară. Numărul de straturi de hârtie cu care se izolează conductorul (şi deci grosimea izolaţiei rezultate) trebuie să corespundă grosimii izolaţiei vechi de pe conductor. Izolaţia normală a conductorului pentru gama de tensiuni 6 ... 20 kV este formată din două straturi „jumătate acoperit sau petrecut" din hârtie de 0,05 mm şi un strat cap la cap din hârtie de 0,12 mm, ceea ce corespunde unei grosimi a izolaţiei conductorului pe ambele părţi de 0,64 mm.

Productivitatea izolării cu maşina de izolat este de 6—8 ori mai mare decât a izolării manuale.

Dacă nu există maşină de izolat, atunci se procedează astfel: se introduc în tamburul cu conductorul curăţat şi îndreptat o ţeavă de oţel şi tamburul se aşază pe capre de lemn. La distanţe de 10—12 m se aşază alţi tamburi goi, tot pe capre. Conductorul se desfăşoară pe distanţa menţionată şi capătul său se fixează pe tamburul gol. Apoi conductorul se întinde între cele două tambure şi se aşază între acestea piedici, pentru ca tamburele să nu se rotească şi să slăbească întinderea conductorului. Înainte de a trece la izolare, se pregăteşte hârtia, tăind-o în benzi cu lăţimea de 15—20 mm şi depănând-o în rulouri.

Lucrătorul şterge conductorul cu o cârpă curată, ia ruloul şi începe să izoleze aşezând mai întâi primul strat, „jumătate acoperit", parcurgând tot tronsonul (distanţa între două tambure), iar apoi cel de-al doilea strat şi aşa mai departe.

Este necesar să se aşeze izolaţia cât mai strâns, tot timpul netezind-o şi întinzând hârtia cu mâna, astfel ca un strat să adere de celălalt şi să rezulte o izolare fără goluri, întreruperi sau încreţituri. Când se termină o bandă (rulou), noua fâşie de hârtie se îmbină cu cea precedentă, prin suprapunerea sfârşitului uneia cu începutul celeilalte. Ajungând la sfârşitul tronsonului, capătul benzii de hârtie se lipeşte cu lac de bachelită şi se leagă cu o bucăţică de bandă. Când tronsonul este complet izolat, acesta se înfăşoară pe tambur, aşezând strâns o spiră lângă alta.

• **Rebobinarea înfăşurărilor.** Transformatoarele de putere aduse la reparat pot avea înfăşurări de diverse tipuri (continue, spiralate, în galeţi, bobine spiralate scurte etc.). Deoarece în posturile de transformare ale consumatorului sunt utilizate numai transformatoare cu caracteristicile tehnice date la începutul subcapitolului 5.B, în continuare se va prezenta tehnologia rebobinării înfăşurării cilindrice în două straturi (pentru înfăşurarea de joasă tensiune) şi a înfăşurării cu bobine stratificate (pentru înfăşurarea de înaltă tensiune).

Scanned with OKEN Scanner

Bobina cilindrică în două straturi se execută din conductoare cu secţiune dreptunghiulară, cu unul sau mai multe conductoare în paralel. În figura 11.7 este reprezentată o bobină cilindrică în două straturi cu două conductoare în paralel. Între cele două straturi sunt prevăzute distanţatoare axiale, care formează canalele axiale de răcire. Bobinarea se execută pe şabloane sau direct pe cilindrul de pertinax, care constituie izolaţia faţă de miezul trasnformatorului. În acest caz, cilindrul de pertinax se fixează pe şablonul de bobinare. După fixarea şablonului pe maşina de bobinat, conductorul se trece prin filiera de întindere, se îndoaie capătul conductorului la 90°, lăsându- se lungimea necesară liberă şi se fixează pe discul şablonului cu o menghină de mână. De prima spiră se fixează pana egalizatoare de carton preşpan, prin bandajare cu bandă de bumbac. În timpul bobinării se verifică calitatea izolaţiei pe măsură ce conductorul se desfăşoară de pe tambur, refăcându-se izolaţia deteriorată pe diferitele porţiuni cu bandă de hârtie de cablu sau de bumbac. Consolidarea spirelor se face cu o fâşie de bandă groasă de bumbac, care face o buclă peste prima spiră, iar capetele sunt trecute alternativ de la o spiră la alta, una prin exterior şi alta prin interior. Pentru aceasta, la aşezarea fiecărei spire, unul din capetele benzii de bumbac se întinde pe şablon, iar celălalt se răstoarnă peste spirele deja bobinate şi apoi la spira următoare se schimbă invers.

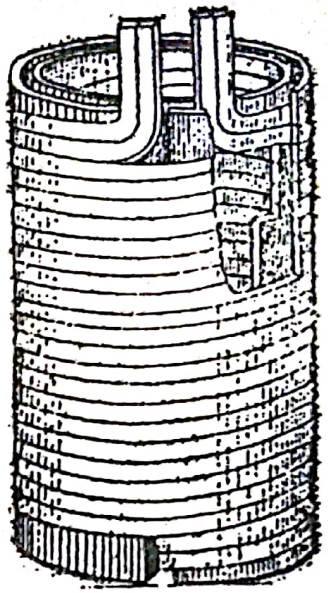


Fig. 11.7. **Bobină cilindrică în două straturi.**

După aşezarea primului strat de spire, se aşază distanţatoarele longitudinale pentru realizarea canalelor de răcire. Al doilea strat se bobinează la fel cu primul, iar ultima spiră se consolidează, strângându-se bobina la exterior cu bandă groasă de bumbac.

Bobinele stratificate, utilizate pentru înfăşurarea de medie tensiune, se execută cu conductor izolat cu bumbac sau hârtie de cablu. Ele se bobinează pe şablon, pe cilindrul de pertinax, sau direct peste înfăşurarea de joasă tensiune. În ultimul caz, pe maşina de bobinat se aşază direct bobina de joasă tensiune pe şablonul ei şi se înfăşoară la exterior cilindrul din carton preşpan, care se consolidează cu banda de bumbac. Pe cilindrul izolant se aşază distanţatoarele longitudinale, care se consolidează cu bandă de bumbac. Dacă bobina stratificată este cu doi galeţi, se aşază şi inelul de distanţare dintre galeţi. Prima spiră se supraizolează cu un strat jumătate acoperit de hârtie de cablu sau bandă de bumbac şi se începe bobinarea, consolidându-se spirele marginale cu o buclă de bandă de bumbac, având capetele trecute alternant la exterior şi la interior de la o spiră la alta.

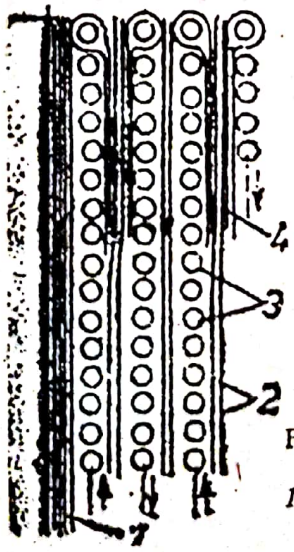


Fig. 11.8. **Consolidarea cu hârtie a spirelor marginale la înfăşurarea cilindrică stratificată:**
1 — cilindru de pertinax; *2* — izolaţia dintre straturi; *3* — conductor. *4* — hârtie de cablu pentru consolidarea spirelor marginale.

După bobinarea primului strat, se aşază izolaţia între straturi din hârtie de cablu, consolidându-se spirele marginale cu hârtie, peste care se trec spirele stratului următor, ca în figura 11.8.

Scanned with OKEN Scanner

Prizele pentru reglaj se scot sub formă de buclă de 100 mm lungime şi se supraizolează cu două straturi, „jumătate acoperit" cu hârtie de cablu sau bumbac.

• După confecţionarea înfăşurărilor urmează uscarea, **presarea definitivă, impregnarea şi coacerea.** Aceste operaţii, la întreprinderile constructoare se efectuează în cuptoare cu vid, speciale. La locurile de reparaţie, de regulă, aceste operaţii se fac în cuva transformatorului, realizând încălzirea prin metoda pierderilor prin inducţie în pereţii cuvei. În acest scop, pe pereţii cuvei se aplică o înfăşurare de magnetizare, alimentată la tensiunea de 220—380 V c.a. Curentul alternativ ce trece prin această înfăşurare creează un flux magnetic alternativ, care determină în pereţii cuvei de oţel apariţia curenţilor turbionari, care încălzesc cuva, iar căldura degajată încălzeşte înfăşurarea aşezată în cuvă.

Înainte de coborârea înfăşurării în cuvă, aceasta se curăţă în interior minuţios, se îndepărtează rămăşiţele de ulei, se şterge cu o cârpă uscată care nu lasă scame. Înfăşurarea se coboară apoi în cuvă, se pun borne provizorii de trecere pe garniturile de etanşare de pe capac şi se închide cuva cu capacul ei (ermetic).

Înainte de închidere, se instalează termocupluri sau termometre cu rezistenţă în interior, iar în exterior termometre. Se racordează cuva la o instalaţie de vid, conform schemei din figura 11.9.

Înfăşurarea se usucă la temperatura de 100—200°C, timp de 6—12 ore; ridicarea temperaturii (prin variaţia numărului de spire) se face în ritmul de 40°C/oră.

Înfăşurarea se scoate, se răceşte până la 70°C, se presează până la dimensiunea dorită şi se impregnează cu lac într-o baie. Apoi, înfăşurarea se scoate din baie cu macaraua, ţinându-se 20—30 min deasupra până se scurge surplusul de lac şi se introduce din nou în cuvă pentru coacere, operaţie care se face la o temperatură de 105—120°C, timp de 8 h.

După terminarea coacerii, când pelicula de lac nu mai este lipicioasă, înfăşurarea se scoate din cuvă şi se instalează pe un suport de traverse.

Uscarea, impregnarea şi coacerea se fac într-o încăpere bine ventilată, iar muncitorii trebuie să poarte mănuşi, încălţăminte închisă şi să aibă capul acoperit. În încăpere nu trebuie să se fumeze şi nici să se efectueze lucrări cu foc deschis.

• **Remontarea înfăşurărilor pe miezul magnetic.** Remontarea se face după releveul întocmit la demontarea înfăşurărilor. Înainte de a se monta bobinele, se examinează fiecare în parte pentru a se constata lipsa deteriorărilor izolaţiei spirelor, aşezarea corectă şi uniformă a distanţelor pe periferie şi pe înălţime,

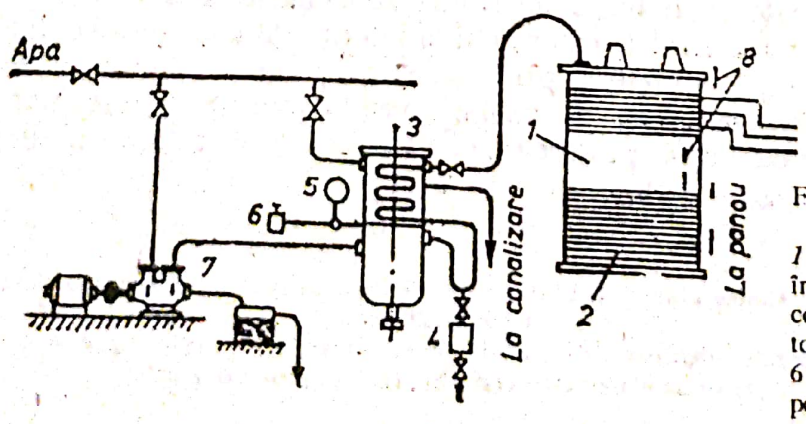


Fig. 11.9. **Schema instalaţiei de vid pentru uscare sub vid:** *1* — transformator; *2* — înfăşurare de magnetizare; *3* — condensator de vapori; *4* — colector condens; *5* — vacuummetru; *6* — ventil de reducere; *7* — pompă de vid; *8* — termometre.

Scanned with OKEN Scanner

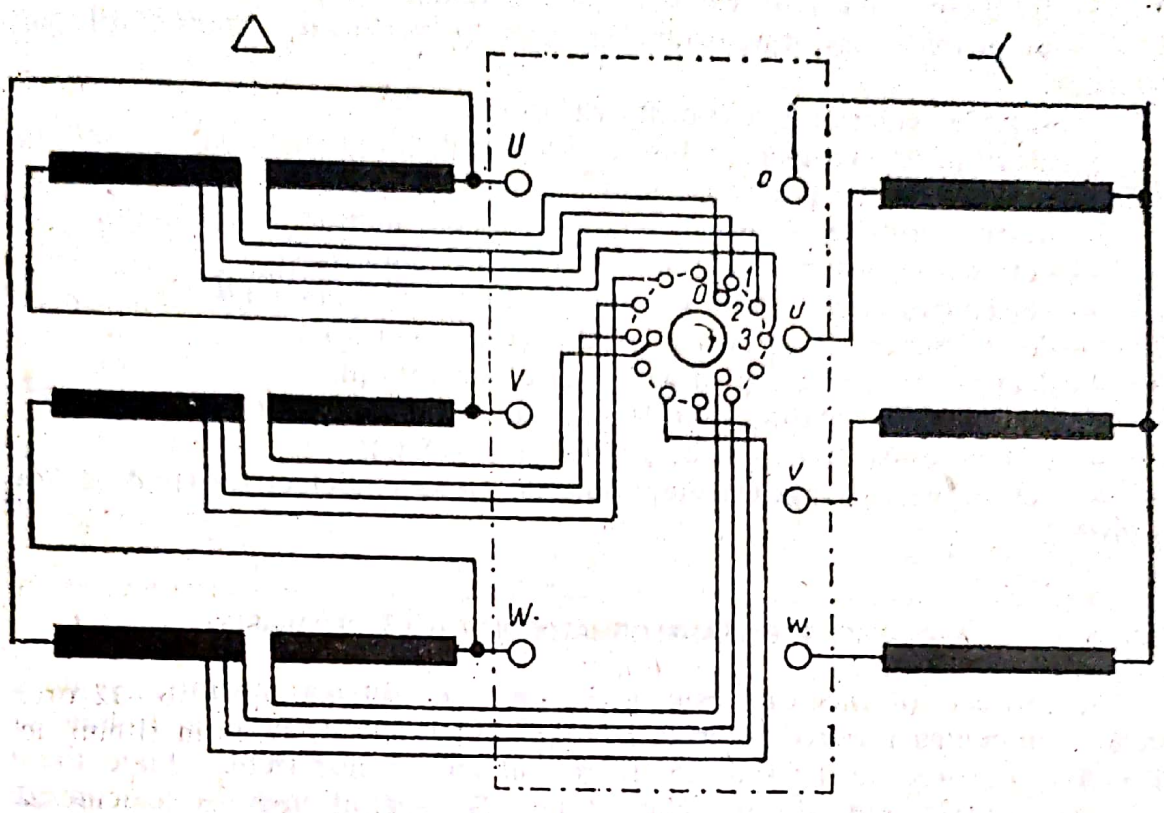


Fig. 11.10. **Schema conexiunilor la transformator.**

lipsa piliturii metàlice şi a obiectelor străine, lipsa deplasării spirelor. Înfăşurarea, verificată astfel, se ridică deasupra miezului magnetic, pregătit în prealabil la o distanţă mai mare decât coloana pe care se face instalarea ei, manevrând apoi astfel macaraua, ca axa înfăşurării să coincidă cu axa coloanei. Se coboară apoi înfăşurările (lângă miez se aşază cea de joasă tensiune, apoi, peste ea, cea de înaltă tensiune). În timpul montării, trebuie urmărită cu atenţie aşezarea înfăşurărilor de înaltă tensiune cu capetele orientate în partea necesară, cu prizele de reglare aşezate conform desenului anexat fişei tehnologice.

În figura 11.10 este indicată schema legăturilor (în Δ pe partea de înaltă tensiune şi cu prize reglabile: în Y_0 pe partea de joasă tensiune). După montare, partea activă este supusă unei operaţii de uscare, în modul arătat la uscarea înfăşurărilor.

d. Remontarea transformatorului

După asamblarea părţii active, sunt revizuite, reparate şi pregătite pentru montare toate părţile exterioare ale transformatoarelor, adică: cuva, conservatorul de ulei, expandorul, radiatoarele, capacul, bornele, comutatorul, instrumentele de măsură, robinetele, roţile, garniturile de etanşare etc.

— Urmează **asamblarea transformatorului,** constând din următoarele operaţii principale:

— montarea conservatorului şi a expandorului;
— instalarea garniturilor de etanşare;
— montarea radiatoarelor, robinetelor, roţilor;
— ridicarea părţii active şi coborârea ei în cuvă;

Scanned with OKEN Scanner

— instalarea capacului, cu toate piesele remontate pe el;
— umplerea transformatorului cu ulei şi verificarea etanşeităţii garniturilor;
— vopsirea exterioară a transformatorului.

• **Uleiul pentru umplere** trebuie să fie pregătit în prealabil într-o cantitate suficientă, uscat chimic şi electric prin:
— determinarea rigidităţii dielectrice (valoare minimă 120 kV/cm);
— determinarea densităţii relative la +20°C (sub 0,89);
— determinarea punctului de inflamabilitate (minimum 140°C);
— determinarea viscozităţii la +20°C (maximum 5°E);
— determinarea acidităţii organice şi a alcalinităţii;
— determinarea conţinutului de cenuşă, impurităţi mecanice;
— determinarea punctului de congelare (—15°C);
— determinarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg $\delta \leq 2\%$ la 20°°C).

4. ÎNCERCĂRILE TRANSFORMATORULUI DUPĂ REPARARE

Scopul acestor încercări este de a controla calitatea reparaţiei şi de a preciza parametrii transformatorului reparat. Aparatele de măsurat trebuie să aibă clasa de precizie 0,2 sau 0,5. În timpul încercărilor trebuie luate toate măsurile de *NTS* indicate în subcapitolul 5D. Spaţiul unde se efectuează încărcările trebuie să fie îngrădit, iar împrejur trebuie afişate plăcuţe avertizoare. Conectarea şi deconectarea tensiunii la încercări trebuie să fie făcută cu mănuşi de cauciuc şi numai la comanda conducătorului încercării.

Încercările transformatorului trebuie să se efectueze în următoarea succesiune:
— măsurarea rezistenţelor de izolaţie a înfăşurărilor*;
— verificarea raportului de transformare;
— verificarea grupei de conexiuni a înfăşurărilor;
— verificarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei la frecvenţa industrială*;
— încercarea de scurtcircuit;
— încercarea de mers în gol*;
— măsurarea rezistenţelor înfăşurărilor în c.c.*;
— măsurarea unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) a înfăşurărilor şi bornelor (izolatoarelor de trecere);
— determinarea raportului $\frac{C_2}{C_{50}}$.

a. Măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor şi a coeficientului de absorbţie R_{60}/R_{15}

Se măsoară:
— cu megohmmetrul de 1 000 V la înfăşurările de joasă tensiune;
— cu megohmmetrul de 2 500 V la înfăşurările de înaltă tensiune.

---

* Efectuarea acestor măsurări este cunoscută elevilor de la disciplina „Măsurări electrice şi electronice".

Scanned with OKEN Scanner

Rezistența de izolație se măsoară între fiecare înfășurare și masă și între înfășurări (fig. 11.11). Indicațiile megohmmetrului se citesc după 15 și 60 s. Raportul acestor citiri, R_{60}/R_{15} se numește **coeficient de absorbție,** fiind unul dintre criteriile de stabilire a gradului de umiditate a înfășurărilor. Valorile măsu-rărilor se compară cu cele indicate de întreprinderea constructoare.

Coeficientul de absorbție trebuie să fie $\frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1{,}3$.

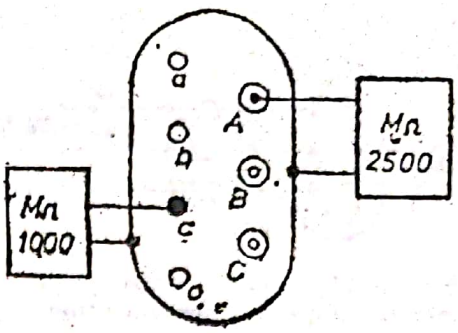


Fig. 11.11. **Montaj pentru măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor transformatorului.**

b. Verificarea raportului de transformare

Se fac pe toate fazele și pe toate prizele transformatorului. Pe partea de înaltă tensiune, unde nu se poate măsura tensiunea de fază (conexiunea de regulă este Δ), se face măsurarea tensiunii între faze ($U_1 = \sqrt{3}\, U_f$). Raportul de transformare nu trebuie să difere de cel indicat de întreprinderea constructoare cu mai mult de 0,5%.

Raportul de transformare se determină cu ajutorul montajului din figura 11.12 și valoarea sa se obține făcând raportul între tensiunea fazei din primar și cea din secundar (măsurată la bornele omoloage), la mersul în gol al transformatorului, trecând comutatorul de prize prin toate pozițiile sale.

c. Verificarea grupei de conexiuni

Se face conform montajului din figura 11.13. Se scurtcircuitează bornele A — a și se alimentează bornele de înaltă tensiune cu o tensiune de 200 ... 400 V, măsurându-se pe rând, tensiunile între bornele: b — B, b — C, c — B, c — C.

Luându-se o anumită scară pentru tensiuni, se trasează topograma tensiunilor între faze de pe primar (triunghiul echilateral mare) și cu vârful compasului în B și cu deschiderea b — B se trasează un arc de cerc; apoi cu vârful compasului în C și cu deschiderea b — C se trasează cel de-al doilea arc de cerc; intersecția lor determină vârful b al triunghiului tensiunilor din secundar. În mod analog, se determină și vârful c, vârful a fiind suprapus peste A. Măsurând cu raportorul unghiul α dintre două laturi omoloage din primar

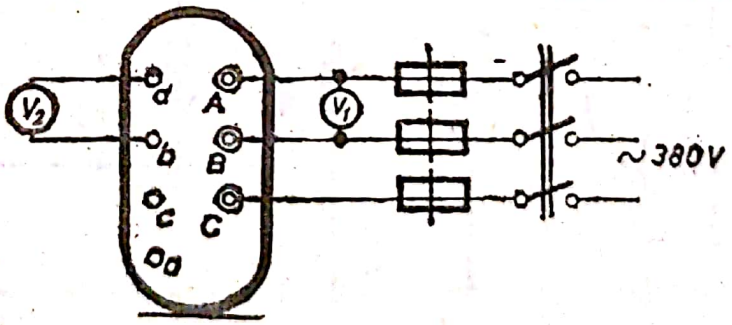


Fig. 11.12. **Montaj pentru măsurarea raportului de transformare:**

$$K = \frac{V_1}{V_2}.$$

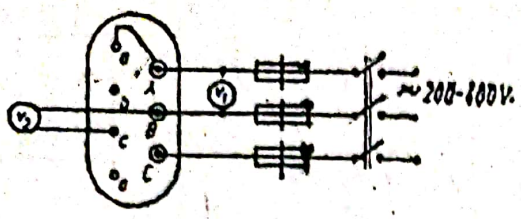


Fig. 11.13. **Montaj pentru determinarea grupei de conexiuni a transformatorului (conexiuni).**

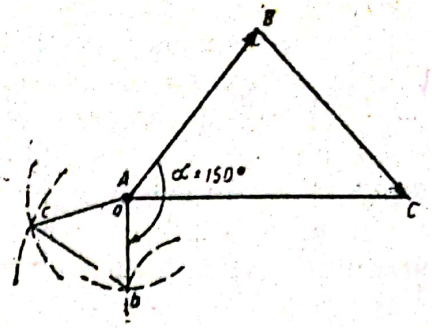


Fig. 11.14. **Topograma tensiunilor.**

şi secundar (de exempu A — B şi a — b) se determină grupa de conexiuni împărţind această valoarea unghiului la 30° $\left(\text{grupa de conexiuni} = \frac{\alpha}{30^\circ}\right)$.

Un exemplu al modului de deducere a grupei de conexiuni este redat în figura 11.14 ($\Delta/Y5$).

d. Verificarea rigidităţii dielectrice la izolaţiie transformatorului

Această încercare are drept scop verificarea izolaţiie unei înfăşurări faţă de masă sau faţă de alte înfăşurări şi a izolaţiei între spire şi părţile unei aceleiaşi înfăşurări. Proba se execută după trecerea a cel puţin 3 ore de la umplerea cu ulei a transformatorului.

Verificarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei se face în două feluri:

— **cu tensiune aplicată;**

— **cu tensiune indusă.**

În figura 11.15 este arătată prima metodă, fiind cea mai utilizată pentru transformatoarele de putere din dotarea consumatorilor. Tensiunea de încercare se aplică în modul următor: se aplică brusc 50% din valoarea tensiunii de încercare, apoi treptat, până se atinge valoarea tensiunii de încercare; acesta se menţine un minut, apoi se scade treptat până la zero.

Transformatorul se consideră bun, dacă în timpul probelor nu se produc conturări sau străpungeri, care se manifestă atât prin zgomote caracteristice, cât şi prin oscilarea pronunţată a acelor aparatelor de măsură.

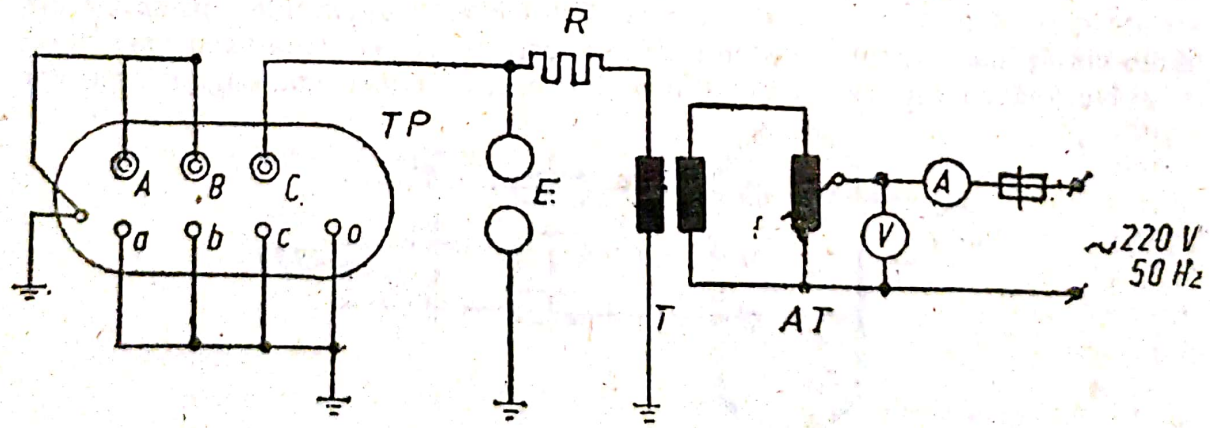


Fig. 11.15. **Montaj pentru verificarea rigidităţii dielectrice a izolaţiei transformatorului prin metoda tensiunii aplicate:**
TP — transformatorul de încercat; *T* — transformator ridicător; *AT* — autotransformator reglabil; *E* — eclator; *R* — rezistenţă de protecţie.

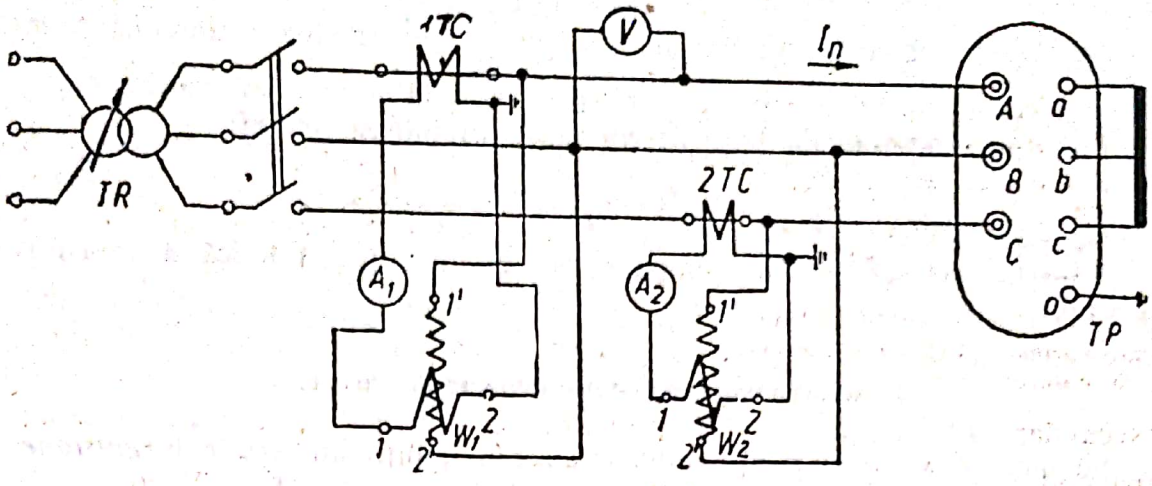


Fig. 11.16. **Montaj pentru încercarea în scurtcircuit a transformatorului:**
TR — transformator trifazat reglabil; *1TC, 2TC* — transformatoare de curent; W_1, W_2 — wattmetre; A_1A_2 — ampermetre; *TP* — transformator de încercat.

e. Încercarea de scurtcircuit

Se face cu scopul de a verifica tensiunea procentuală de scurtcircuit $u_{sc}\%$ şi pierderile în scurtcircuitul P_{sc}.

Montajul este cel indicat în figura 11.16. Tensiunea aplicată se creşte treptat, până când indicaţiile ampermetrelor ating valoarea curentului nominal. În acest moment se citesc: tensiunea de scurtcircuit U_{sc} în V şi P_{sc} în W (prin motoda celor două wattmetre).

Tensiunea procentuală de scurtcircuit se determină cu relaţia:

$$u_{sc}\,[\%] = \frac{U_{sc}}{U_n}\,100. \qquad (11.7)$$

Valorile măsurărilor se compară cu cele înscrise în fişa tehnică a transformatorului.

f. Încercarea de mers în gol

Se face cu scopul de a determina curentul procentual de mers în gol $i_0[\%]$ şi pierderile de mers în gol P_0, în W.

Montajul este cel indicat în figura 11.17. Se aplică tensiunea nominală pe partea de joasă tensiune, bornele de înaltă tensiune fiind în gol (la un potenţial ridicat şi deci încercarea se face cu respectarea măsurilor de *NTS* pentru instalaţia sub tensiune periculoasă).

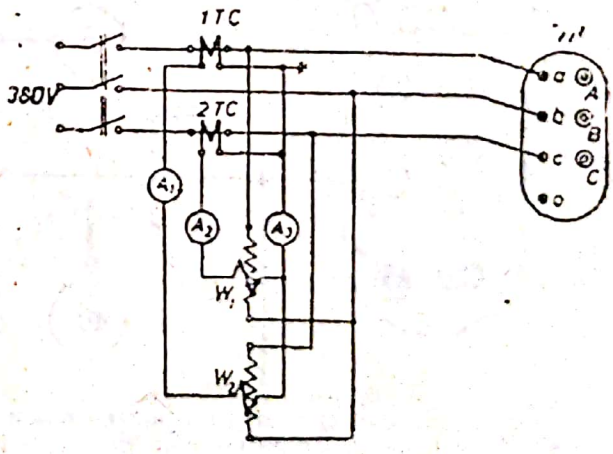


Fig. 11.17. Montaj pentru încercarea în gol a transformatorului:
TP — transformator de încercat; *1TC, 2TC* — transformatoare de curent; A_1, A_2, A_3 — amper metre; W_1, U_2 — wattmetre.

Scanned with OKEN Scanner

Se citesc: valoarea curentului $I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$ (media aritmetică a indicațiilor celor trei ampermetre) și p_0 (prin metoda celor două wattmetre).

Curentul procentual de mers în gol se determină cu relația:

$$i_o\,[\%] = \frac{I_0}{I_n} \cdot 100. \qquad (11.8)$$

Valorile măsurărilor se compară cu cele din fișa tehnică a transformatorului.

g. Măsurarea rezistențelor înfășurărilor în c.c.

Se face cu ajutorul punții duble *Thomson*, punții universale *Wheatstone*, sau prin metoda ampermetrului și voltmetrului.

Rezistența se măsoară pe fiecare înfășurare, pe fiecare fază și pe fiecare priză.

Rezistențele înfășurărilor diferitelor faze pe același plot nu trebuie să difere între ele, sau față de datele prevăzute de întreprinderea constructoare cu mai mult de 2%.

La măsurarea prin metoda ampermetrului și voltmetrului (fig. 11.18) se procedează astfel: se scoate reostatul R_2 și se introduce R_1; apoi se conectează K și se stabilește valoarea curentului în limitele scalei aparatului (datorită inducției înfășurării transformatorului, apare o întârziere de ordinul a câtorva zeci de secunde în stabilirea valorii curentului în circuit). Milivoltmetrul se conectează numai după ce acul ampermetrului rămâne stabil, prin cheia K_1, în amonte *2* sau în aval *1* de ampermetru, după cum rezistența înfășurării R_x este $R_x > \sqrt{r_A r_v}$ sau $R_x < \sqrt{r_A r_v}$, unde r_A este rezistența ampermetrului, iar r_v rezistența voltmetrului.

Valoarea lui R_x este $R_x = \frac{V}{I}$. Deoarece măsurările dau rezistențele de linie, se recalculează rezistențele pe fază ale înfășurărilor R_f cu relațiile:

— în cazul conexiunii *Y*:

$$R_f = \frac{R_x}{2};$$

— în cazul conexiunii Δ:

$$R_f = \frac{3}{2} R_x. \qquad (11.9)$$

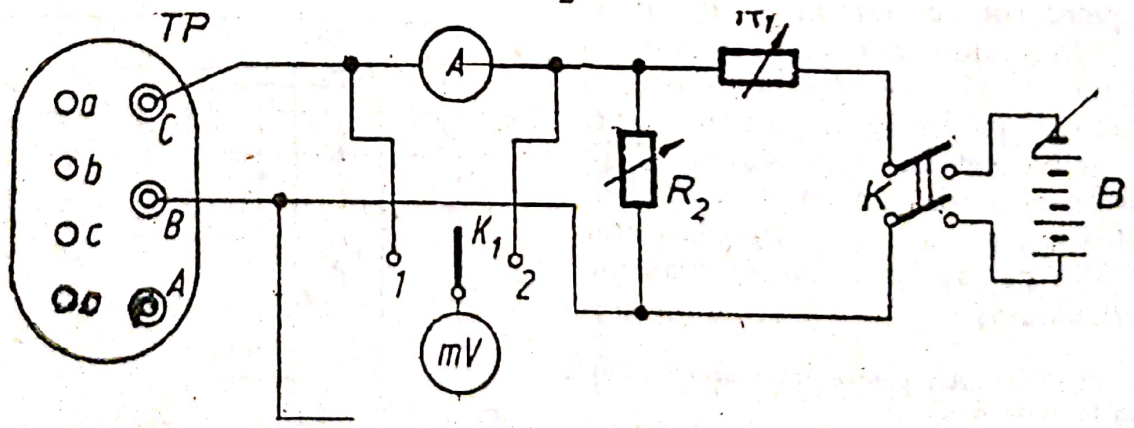


Fig. 11.18. **Montaj pentru măsurarea rezistenței în c.c. a înfășurărilor transformatorului:** *TP* — transformatorul de încercat; *B* — baterie; R_1R_2 — rezistențe reglabile; K_1 — comutator cu două poziții; *A* — ampermetru; *mV* — milivoltmetru.

h. Măsurarea tg δ a izolației înfășurărilor

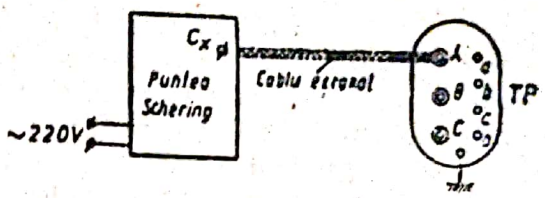


Fig. 11.19. Montaj pentru determinarea tg δ la transformatorul de putere.

Această măsurare (fig. 11.19) se efectuează cu puntea *Schering* (a se revedea manualul „Măsurări electrice și electronice"). Puntea, având tensiunea de 10 kV, este utilizată numai pe partea de înaltă tensiune a transformatorului. Tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) servește drept criteriu pentru stabilirea gradului de umiditate a înfășurărilor. Aceasta nu trebuie să depășească cu mai mult de 30% valoarea dată de întreprinderea constructoare.

1. Determinarea raportului $\frac{C_2}{C_{50}}$

În afară de coeficientul de absorbție $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ și de tg δ, un alt criteriu pentru aprecierea umezelii înfășurărilor îl constituie și raportul capacităților la frecvențele de 2 și 50 Hz, adică $\frac{C_2}{C_{50}}$. Măsurarea se face cu *dispozitivul pentru controlul umidității*, conform instrucțiunilor de folosire a acestuia. Înainte de măsurarea raportului $\frac{C_2}{C_{50}}$, trebuie să se măsoare rezistența de izolație a înfășurării transformatorului, deoarece la valori reduse ale acesteia dispozitivul dă erori inacceptabile (spre exemplu, la 15 MΩ, eroarea devine 10%; la 1 MΩ utilizarea este interzisă).

C. MAȘINI ELECTRICE

Pentru antrenarea diverselor utilaje tehnologice sunt folosite: motoare asincrone de joasă tensiune până la puteri de 100 kW și de medie tensiune (6 ... 10 kV) la puteri mari, motoare sincrone (justificate numai pentru puteri mari și funcționare fără șocuri și fără grad mare de iregularitate, existând pericolul ieșirii lor din sincronism), motoare de curent continuu cu excitație serie, derivație sau mixtă.

În cele ce urmează se vor analiza exploatarea și repararea motoarelor asincrone de joasă tensiune și a celor de c.c., ele fiind frecvent întâlnite în atelierele și secțiile întreprinderilor industriale și pe care este autorizat să le exploateze electricianul de întreținere și reparații.

1. EXPLOATAREA MAȘINILOR ELECTRICE

Exploatarea corectă a mașinilor electrice constă în supravegherea încălzirii și a încărcării normale, în curățarea și ungerea regulată, în înlăturarea scânteilor de la colector.

Zona controlată trebuie extinsă pe întreg circuitul de forţă (siguranţele, releele termice, conductoarele, legăturile electrice, celelalte dispozitive cu care este dotat respectivul circuit), deoarece la o defecţiune pe circuit, motorul electric este scos din funcţiune.

Presupunând o alegere corectă a puterii nominale a motorului, a secţiunii conductoarelor şi a elementelor de protecţie (siguranţe, relee) se impune cunoaşterea unor probleme tehnico-economice în exploatarea motoarelor asincrone trifazate.

a. Menţinerea valorii tensiunii, în limitele admise de norme, la bornele motorului

În figura 11.20 se arată modul de scădere a cuplului activ la scăderea tensiunii. Presupunând cuplul rezistent $M_{rez} = ct$, funcţionarea motorului are loc în punctul $A(M_a = M_{rez};\ s = s_A)$. Dacă tensiunea scade la U_2, motorul funcţionează în A' (cu o alunecare mai mare, respectiv cu o turaţie mai mică).

Dacă tensiunea scade la U_3, motorul nu mai poate funcţiona, deoarece $M_a < M_{rez}$. În acest ultim caz, turaţia scade la zero şi maşina intră în regimul de motor cu rotorul calat (regim de scurtcircuit) ceea ce determină protecţia să acţioneze pentru decuplarea lui de la reţea.

b. Influenţa gradului de încărcare al motorului asupra factorului de putere

Regimul real de încărcare a maşinilor electrice diferă mult de regimul nominal, în sensul că puterea absorbită este mai mică decât cea pentru care ele au fost dimensionate a funcţiona, din cauza, pe de o parte, a dificultăţilor de a se adapta puterea nominală a motoarelor electrice la puterea nominală a utilajelor antrenate de acestea (datorită treptelor de putere standardizate ale motoarelor electrice), iar pe de altă parte datorită regimului de lucru variabil al utilajelor.

În figura 11.21 este arătat modul de variaţie al factorului de putere la conexiunea Δ a înfăşurărilor ($\cos \varphi_\Delta$) cu încărcarea motorului $\left(\frac{P}{P_n}\right)$, din care se deduce că, la sarcini reduse, factorul de putere este redus, impunând

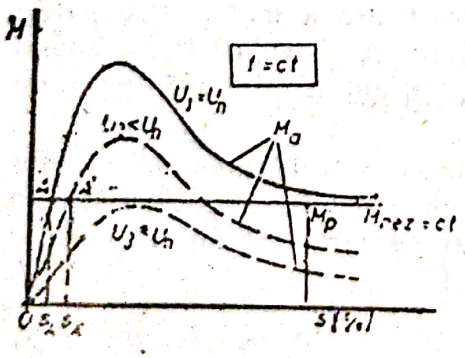


Fig. 11.20. Variaţia cuplului activ cu tensiunea la motorul asincron trifazat.

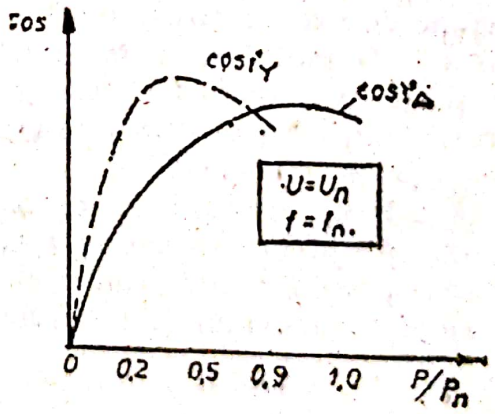


Fig. 11.21. Variaţia factorului de putere al motorului asincron trifazat cu sarcina.

* A se vedea cap. 1 al acestui manual.

Scanned with OKEN Scanner

cheltuieli pentru ameliorarea lui. Pentru a îmbunătăţi situaţia, la motoarele care funcţionează cu sarcini reduse, dar au şase borne accesibile, cu tensiunea înfăşurării egală cu tensiunea de linie a reţelei, se pot monta comutatoare Y/Δ şi se trece din Δ în Y în situaţiile când sarcina scade. În acest caz, curba factorului de putere îşi deplasează maximul spre valorile mici de sarcină (a se vedea curba cos φ_r din figura 11.21).

c. Influenţa gradului de încărcare al motorului asupra randamentului

În figura 11.22 se indică modul de variaţie a randamentului cu sarcina în două variante: conexiunea în *Y* şi conexiunea în Δ a înfăşurărilor aceluiaşi motor.

Maximul randamentului la conexiunea *Y* este deplasat spre încărcarea mică a motorului. De aici rezultă că la sarcini reduse este economic (pierderi micşorate) să se comute conexiunea înfăşurărilor motorului din Δ în *Y*, dacă există această posibilitate (motorul are accesibile cele şase borne şi s-a montat un comutator Δ/Y pe circuit).

2. ÎNTREŢINEREA MOTOARELOR ELECTRICE

În scopul prevenirii unor deranjamente sau incidenţe de exploatare în timpul funcţionării motoarelor electrice, electricianul de tură consemnează micile defecţiuni constatate în timpul serviciului său şi dacă nu le-a putut înlătura din cauze obiective, le trece în caietul de sarcini ale echipei de intervenţie, care execută revizia tehnică (*RT*) în timpul opririi de scurtă durată a utilajului acţionat de respectiva maşină electrică. Revizia tehnică se extinde pe întregul circuit de forţă, începând cu tabloul electric din care se alimentează circuitul.

Lucrările care se execută cu ocazia unei revizii tehnice a motoarelor electrice sunt:

— verificarea stării siguranţelor (patron, fuzibile, legături);

— verificarea stării releelor de protecţie (reglaj, borne, legături) şi a dispozitivelor automate;

— verificarea stării conductoarelor (izolaţia conexiunilor);

— curăţarea fără demontare a inelelor, colectorului, portperiilor, înfăşurărilor, precum şi suflarea canalelor de ventilaţie în locurile accesibile;

— verificarea fixării prin buloane, şuruburi şi strângerea piuliţelor de la fundaţie, de la căpăcele, scuturi, de la mecanismul portperiilor şi de la instalaţia de legare la pământ;

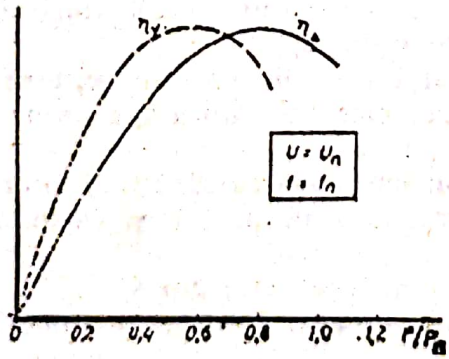


Fig. 11.22. Variaţia randamentului motorului asincron trifazat cu sarcina.

— verificarea transmiterii mişcării (şaiba de transmisie a pinionului sau cuplei);

— verificarea portperiilor şi periilor (reglarea presiunii periilor, înlocuirea celor uzate, şlefuirea lor, reglarea distanţei dintre portperie şi colector sau inel colector);

— verificarea lagărelor (lipsa zgomotului şi a supraîncălzirii lor, lipsa începutului de gripare).

Scanned with OKEN Scanner

Micile defecţiuni neremediate la timp pot conduce la grave deranjamente. La apariţia unui deranjament, trebuie să acţioneze elementele de protecţie ale motorului (siguranţele fuzibile sau releele electromagnetice la scurtcircuite şi relee termice la suprasarcini).

În vederea unei întreţineri corecte şi a reparării corespunzătoare a motoarelor sunt prezentate, în tabelele 11.2 şi 11.3 principalele defecte ce pot apărea la maşinile electrice asincrone şi la maşinile de c.c., cauzele posibile ale defectelor şi modul de remediere a acestora.

3. REPARAREA MAŞINILOR ELECTRICE

Tehnologia reparării unei maşini electrice aflată în exploatare cuprinde următoarele faze importante:

— izolarea ei electrică de restul instalaţiei, prin deschiderea întreruptorului (automat sau manual) şi scoaterea patroanelor siguranţelor din tabloul de forţă, cu luarea tuturor măsurilor de protecţie a muncii;
— desfacerea legăturilor electrice de la bornele maşinii;
— desfacerea legăturilor de transmisie la utilajul antrenat;
— desfacerea piuliţelor de pe prezoanele din fundaţie;
— ridicarea cu macaraua şi depunerea motorului pe platforma căruciorului de transport;
— transportarea lui la atelierul de reparaţii;
— demontarea motorului;
— repararea părţilor componente defecte;
— remontarea;
— încercări;
— reinstalarea motorului pe fundaţie;
— refacerea legăturilor electrice şi mecanice;
— ridicarea izolării.

a. Demontarea motoarelor

— **Motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit.** (Pentru identificarea pieselor componente se va urmări numerotarea din figura 11.25). Succesiunea operaţiilor este următoarea:
— se scoate pana *1* din locaşul de la capătul arborelui;
— se deşurubează şuruburile *1* şi se scoate căpăcelul exterior *3*;
— se deşurubează şuruburile *4*, apoi se scoate scutul *5* de la capătul de acţionare împreună cu inelul exterior al rulmentului *6*;
— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role, bătându-se uşor cu ciocanul de jur împrejur prin intermediul unei piese de cupru sau bronz, pe suprafaţa laterală;
— se scoate inelul interior al rulmentului împreună cu căpăcelul interior, cu ajutorul unei piese pentru extragerea rulmentului de pe arbore (dispozitiv cu gheare);
— se desfac şuruburile *7* şi se scoate capota ventilatorului *8*;
— se deşurubează şuruburile *9* şi se scoate scutul *10* de pe scaunul său prin batere de jur împrejur;
— se scoate din stator rotorul împreună cu scutul, ventilatorul exterior şi cel interior şi se pun pe o capră;

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 11.2

Principalele deranjamente şi modul lor de remediere la motoarele electrice asincrone trifazate

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Motorul nu porneşte	Întreruperea circuitului de forţă; o fază a statorului este întreruptă sau o legătură exterioară este desfăcută	Se verifică cu lampa de control sau cu ohmmetrul şi se restabileşte legătura
Statorul are curenţi inegali pe cele trei faze, iar motorul nu porneşte.	Una din cele trei faze ale statorului este legată cu capetele inversate la montajul Y	Se controlează sensul bobinei şi se refac legăturile; se determină începuturile şi sfârşiturile fazelor
Motorul porneşte greu în gol; se roteşte cu viteză redusă	Conexiunile statorului sunt legate în Y în loc de Δ	Se refac legăturile
Motorul capătă viteză, dar curentul în stator pulsează tare; rotorul şi statorul se încălzesc; motorul produce un zgomot anormal	La rotorul în colivie există o dezlipire a uneia sau a mai multor bare de la inelul de scurtcircuitare.	Se caută contactul defect şi se reface lipitura
Motorul nu se poate încărca; curenţi inegali în stator; în sarcină se opreşte brusc	Scurtcircuit într-una din bobinele statorului, sau între două bobine învecinate	Se înlocuiesc bobinele defecte cu altele noi, sau se rebobinează statorul
Motorul absoarbe brusc un curent mult mai mare	S-a întrerupt o fază a statorului	Se depistează faza întreruptă şi se stabileşte circuitul
Motorul absoarbe la pornire un curent prea mare	Cele trei perii sunt scurtcircuitate sau există scurtcircuit în rezistenţa de pornire, pe ultimul plot	Se caută defectul şi se remediază
Motorul porneşte numai în gol şi cu jumătate din viteză	Scurtcircuit între două perii	Se verifică circuitul şi se înlătură defectul
Motorul prezintă o accentuată cădere de tensiune	Rezistenţa înfăşurării sau cuplul de pornire mari; circuit întrerupt în rotor	Se verifică cu ohmmetrul valoarea rezistenţelor; se înlătură întreruperea torică

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 11.2 (continuare)

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Turaţia motorului scade în sarcină; curent pulsatoriu în stator; statorul se încălzeşte uşor; dacă sarcina creşte, turaţia motorului scade brusc la jumătate	Una din înfăşurările rotorului este întreruptă şi rotorul lucrează în două faze; una din perii are contact slab	Se verifică cu ampermetru faza întreruptă, se restabileşte legătura sau se reglează periile
Periile scânteiază; unele perii şi armăturile lor se încălzesc excesiv	Periile nu se mişcă liber în portperii sau nu sunt şlefuite; inelele colectoare au asperităţi sau lovituri; periile nu presează suficient asupra inelelor	Se aleg perii de dimensiuni potrivite, se finisează inelele; se reglează presiunea de contact a periilor
Miezul de fier al statorului este supraîncălzit uniform, cu toate că sarcina motorului nu depăşeşte pe cea nominală	Tensiunea reţelei este mai mare decât cea nominală; scurtcircuite locale între tolele statorului	Se aduce tensiunea la valoarea nominală; se execută repartiţia miezului statoric
La pornirea motorului apare un cerc de foc la inelele colectoare	Inelele colectoare şi periile sunt îmbâcsite cu ulei; este întreruptă una din legăturile dintre rotor şi reostatul de pornire	Se înlătură scurgerea de ulei; se refac legăturile întrerupte
Motorul vibrează în timpul funcţionării	Rotorul, cuplajul sau şaiba de transmisie sunt dezechilibrate; deplasarea bobinajului rotorului; fundaţia nu este suficient de rigidă	Se remediază aceste cauze mecanice
Lagărele se încălzesc peste limitele admisibile	Debitul de ungere este insuficient sau de proastă calitate; jocul dintre fusul arborelui şi cuzineţi este prea mic	Se verifică dacă inelele de ungere corespund; se verifică nivelul uleiului; se reglează jocul dintre arbore şi cuzineţi
Inelele colectoare se uzează intens, neuniform	Periile sunt necorespunzătoare (prea tari); presiunea pe inele este prea mare; s-au montat perii de mărci diferite	Se montează perii corespunzătoare; se reglează presiunea de contact
Periile se uzează foarte intens	Inelele colectoare sunt îmbâcsite cu praf de la perii, pulbere de metal, nisip etc.; curentul este repartizat neuniform între perii; calitatea periilor este necorespunzătoare	Se îmbunătăţesc condiţiile de întreţinere a inelelor colectoare şi se curăţă mai des; se controlează şi se remediază presiunea de contact a periilor pe inele
Se produc străpungeri ale izolaţiei	Pătrunderea de praf şi umiditate în motor; apariţia punţilor de curent din pulbere de cărbune şi cupru de la perii; izolaţia îmbătrânită	Se usucă şi se suflă motorul cu aer comprimat; se fac reparaţiile necesare

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 11.3 (continuare)

Principalele deranjamente şi modul lor de remediere la motoarele electrice de curent continuu.

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Motorul nu porneşte	Întreruperea circuitului de forţă; cuplu mare la pornire; aşezare greşită a periilor; contact slab la perii sau la reostatul de pornire; arderea uneia sau a mai multor bobine din rotor	Restabilirea circuitului, micşorarea cuplului sarcinii; reparaţia motorului în funcţie de tipul defectului stabilit
Formarea de scântei pe colector	Montarea greşită a periilor (nu sunt pe axa neutră, sunt prost şlefuite, presiunea neuniformă a periilor); colectorul rugos, murdar, ovalizat; izolaţia ieşită dintre lamele colectorului; polaritatea greşită a polilor auxiliari; scurtcircuit în înfăşurarea polilor auxiliari; contact slab între înfăşurarea indusului şi colector; poziţia excentrică a rotorului între poli din cauza uzurii lagărelor; dezlipirea legăturilor echipotenţiale sau contacte slabe; contact între bobinele polilor şi corpul motorului; bătaia curelei; fixarea slabă pe fundaţie	Eliminarea cauzelor constatate, după depistarea lor în totalitate
Încălzirea colectorului	Perii necorespunzătoare; aşezarea greşită a periilor; ventilaţia colectorului este insuficientă	Înlocuirea periilor; corectarea poziţiei lor; îmbunătăţirea ventilaţiei
Încălzirea rotorului	Supraîncărcarea maşinii, tensiunea mărită, excitaţie puternică la o viteză redusă; scurtcircuitarea uneia sau a mai multor secţii ale înfăşurării de excitaţie; scurtcircuit în înfăşurarea rotorului; perii prea late; umezirea înfăşurării rotorului	Se elimină cauzele, se repară motorul în funcţie de tipul defectului constatat

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 11.3 (continuare)

Deranjamente	Cauze posibile	Remedieri
Încălzirea polilor principali	Lipsa reostatului de reglaj; conectarea greşită a bobinelor de excitaţie (de exemplu: în loc de legarea lor în serie s-au legat în derivaţie); scurtcircuit între spirele excitaţiei; înfăşurarea de excitaţie umezită; ventilaţie insuficientă	Montarea reostatului; reconectarea bobinelor; repararea inductorului şi uscarea lui; corectarea ventilaţiei
Încălzirea polilor auxiliari	Supraîncărcarea maşinii; conectarea greşită a polilor auxiliari; înfăşurarea polilor este umezită; ventilaţie insuficientă	Idem (ca în cazul încălzirii polilor principali)
Viteză anormală de rotaţie a rotorului	Schema de conectare greşită; polaritatea greşită a polilor; încărcarea anormală a motorului; tensiune anormală; poziţia greşită a manetei reostatului	Depistarea cauzei şi corectarea situaţiei
Supraîncălzirea lagărelor	Debitul uleiului insuficient sau necorespunzător calitativ; jocul între fusul arborelui şi cuzinet este prea mic; murdărirea lagărelor; rulmentul este murdar sau uzat; cureaua de transmisie este prea întinsă; şaiba de transmisie prea mică	Se verifică dacă inelele de ungere sunt bune; se schimbă uleiul; se rectifică arborele şi se alezează cuzinetul; se schimbă rulmentul; se rectifică transmisia
Motorul vibrează în timpul funcţionării	Rotorul, cuplajul sau şaiba de transmisie sunt dezechilibrate; deplasarea bobinajului rotorului; deformarea sau montarea incorectă a curelei de transmisie; descentrarea cuplajului motorului cu mecanismul antrenat; fundaţie necorespunzătoare; scurtcircuite între spirele înfăşurărilor	Se remediază cauzele de ordin mecanic, din exteriorul motorului. Pentru defectele din interior se face repararea motorului conform celor indicate în capitolul 5 (C3)

Scanned with OKEN Scanner

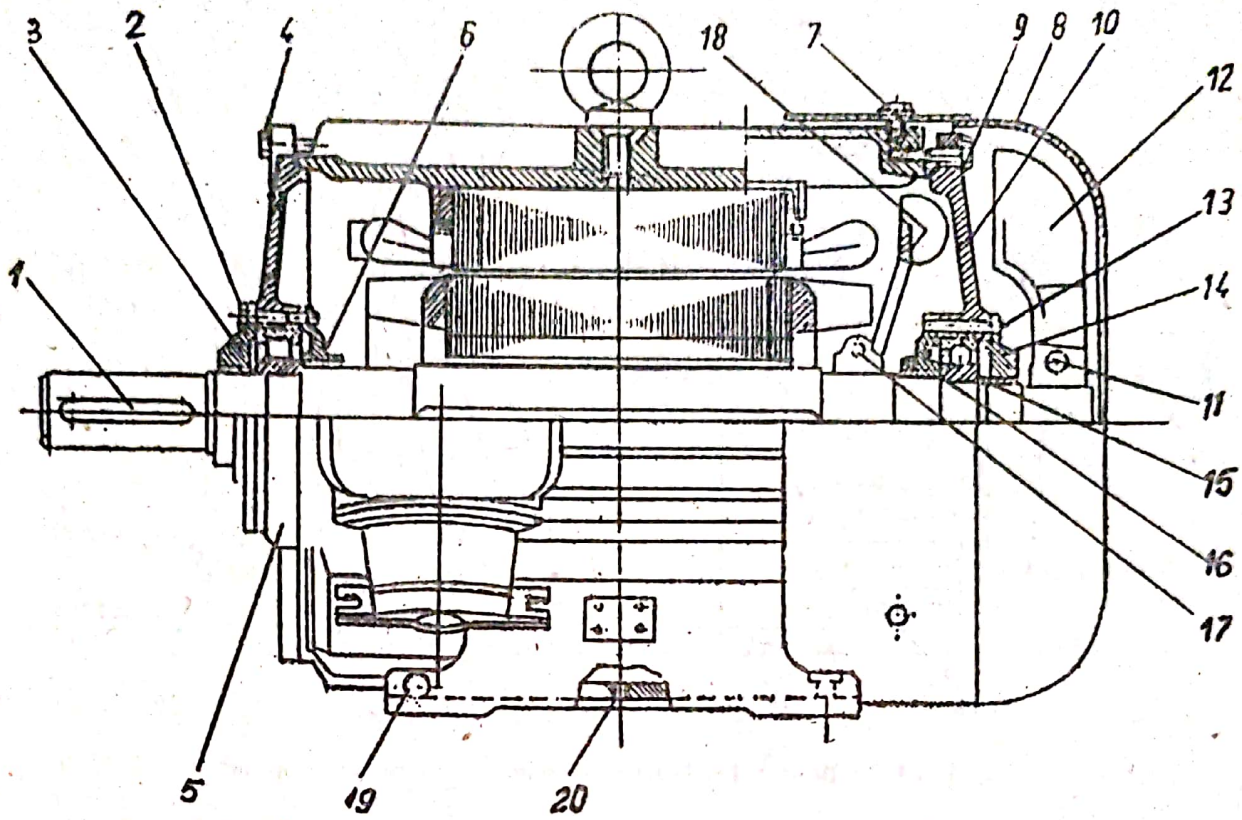


Fig. 11.23. Secţiune printr-un motor asincron cu rotorul în scurtcircuit.

— se desface şurubul *11* şi se scoate ventilatorul exterior *12*;
— se desfac şuruburile *13* şi se extrage căpăcelul exterior *14*;
— se scoate scutul *10* prin batere de jur împrejur cu un ciocan prin intermediul unei piese de metal moale;
— se scoate inelul de siguranţă *15*;
— se demontează rulmentul cu bile cu ajutorul presei;
— se scoate căpăcelul interior *16*;
— se desface şurubul *17* şi se scoate ventilatorul interior *18*. Şurubul *19* (de legare la pământ) şi şurubul *20* (de îmbinare a carcasei) nu se demontează.

• **Motorul asincron trifazat cu inele colectoare** (v. fig. 11.24). Succesiunea operaţiilor este următoarea:
— se scoate pana *1* din locaşul de la capătul arborelui;
— se deşurubează şuruburile *2* şi se scoate căpăcelul exterior *3*;
— se deşurubează şuruburile *4*, apoi se scoate scutul *5* de la capătul de acţionare, împreună cu inelul exterior al rulmentului *6* (inclusiv rolele);
— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role, bătându-se uşor cu ciocanul de jur împrejur prin intermediul unei piese de metal moale, pe suprafaţa laterală;
— se scoate inelul interior al rulmentului împreună (sau separat) cu căpăcelul interior, cu ajutorul unei piese cu gheare;
— se desfac şuruburile *9* şi se scoate capota ventilatorului exterior *10*, după demontarea cutiei terminale a cablului rotoric;
— se deschide cutia inelelor colectoare *11*, se desfac şuruburile *12* şi se scoate blocul portperii *13*;
— se desfac şuruburile *14* şi se scoate crucea suport *15* şi cutia inelelor colectoare; apoi se scoate scutul *16* de pe scaunul său, prin batere cu ciocanul de jur împrejur;

Scanned with OKEN Scanner

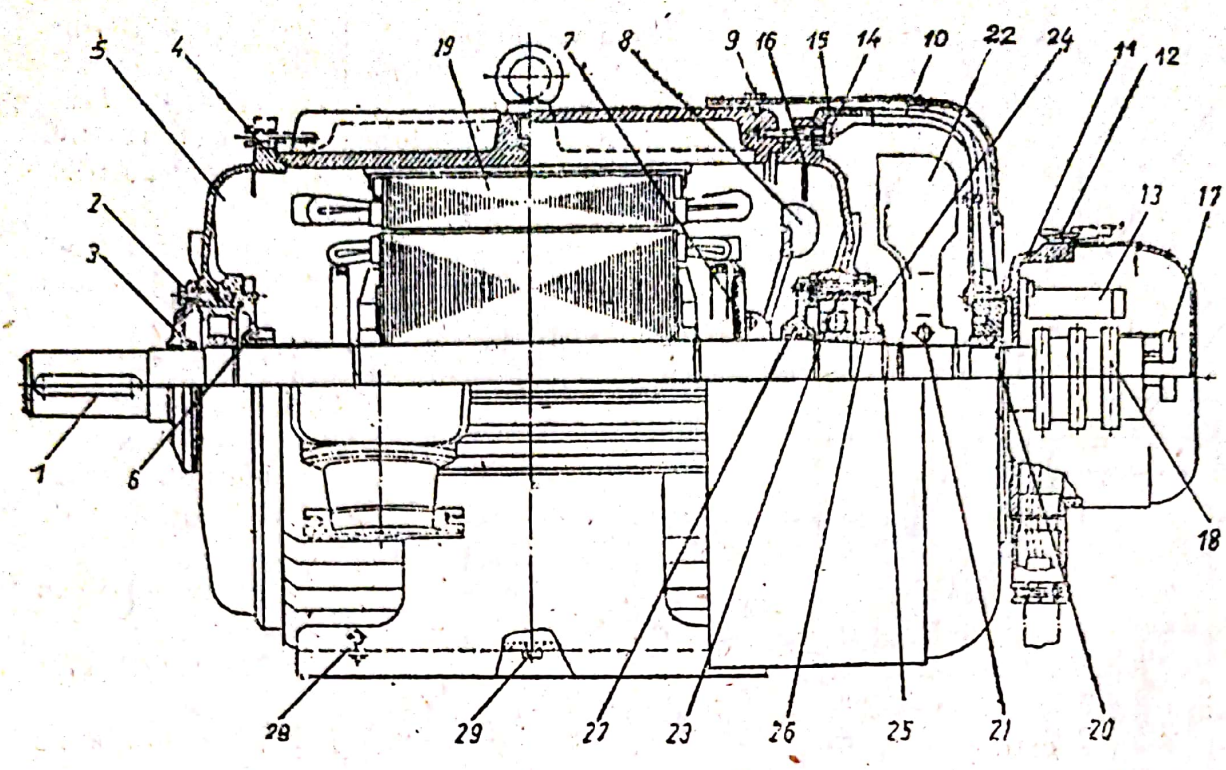


Fig. 11.24. Secţiune printr-un motor asincron cu rotorul bobinat.

— se scoate rotorul *19* din stator, împreună cu scutul, cutia inelelor colectoare şi ventilatorul exterior;

— se desfac cele trei legături terminale *17* ale bobinajului;

— se deplasează inelele colectoare *18*, folosindu-se filetul interior al bucşei inelelor;

— se scoate inelul de siguranţă şi se trage afară bucşa *20*;

— se deşurubează şurubul *21* şi se scoate ventilatorul exterior *22*;

— se deşurubează şuruburile *23* şi se scoate afară căpăcelul exterior *27*;

— se scoate scutul prin batere cu ciocanul;

— se scoate inelul de siguranţă *25* şi bucşa *26*;

— se demontează rulmentul cu bile, cu ajutorul unei piese de extragere şi prin intermediul unei piese de fier moale, găurită pentru a proteja cablurile de ieşire ale rotorului;

— se scoate căpăcelul interior *24*;

— se desface şurubul *7* şi se scoate ventilatorul *8* cu ajutorul unei piese de extragere. Şurubul *28* (de legare la pământ) şi şurubul *29* (de îmbinare a carcasei) nu se demontează.

• **Motorul de curent continuu** (fig. 11.25). Succesiunea operaţiilor este următoarea:

— se demontează ventilatorul independent *1* prin desfacerea şuruburilor *2* (ventilator existent numai la motoarele de mare putere);

— se demontează apărătorile colectorului *3* prin deşurubarea şuruburilor *4*;

— se desfac legăturile electrice care vin din stator la portperii;

— se scoate căpăcelul exterior *5* prin demontarea şuruburilor *6*;

— se demontează scutul *7*, prin deşurubarea şuruburilor *8* şi prin lovirea cu un ciocan, prin intermediul unei piese din metal moale, de jur împrejur;

— se demontează crucea portperiei *9* prin deşurubarea şuruburilor *10* şi apoi a suporturilor portperiilor *11*, prin desfacerea şuruburilor *12* (subansambluri care în acest moment se află pe scutul demontat anterior);

Scanned with OKEN Scanner

— se scoate pana *13* din nutul (canalul) de pană de la capătul arborelui;
— se scot apărătorile *14* prin deşurubarea şuruburilor *15*;
— se demontează căpăcelul exterior *16* prin desfacerea şuruburilor *17*;
— se scoate scutul *18* de la capătul de acţionare prin desfacerea şurubului 19, împreună cu cămaşa rulmentului şi a rolelor dacă este un rulment cu role, sau singur, dacă este un rulment cu bile;
— se scoate inelul exterior al rulmentului cu role din alezajul scutului, bătându-se uşor cu ciocanul de jur împrejur, prin intermediul unei piese din cupru sau bronz, pe suprafaţa laterală;
— se scoate rotorul *20* din stator, împreună cu rulmenţii de la capetele axelor căpăcelelor interioare, ventilatorul interior, colectorul şi se aşază pe capră;
— se demontează rulmentul *22*, după ce a fost scoasă siguranţa *21*, cu ajutorul unei piese de extras rulmenţi, demontare ce poate fi însoţită şi de extragerea căpăcelului interior *23*;
— se demontează inelul de siguranţă *24* şi se extrage inelul interior sau rulmentul cu bilă *25*, separat sau împreună cu căpăcelul *26*;
— se scoate inelul de siguranţă *27* şi se demontează ventilatorul *28* prin deşurubarea şurubului *29*;
— se extrage colectorul *30* de pe arborele rotorului, după operaţia de dezlipire a bobinajului rotoric de la steguleţe, cu ajutorul unei prese care se prinde de găurile filetate ale butucului colectorului;

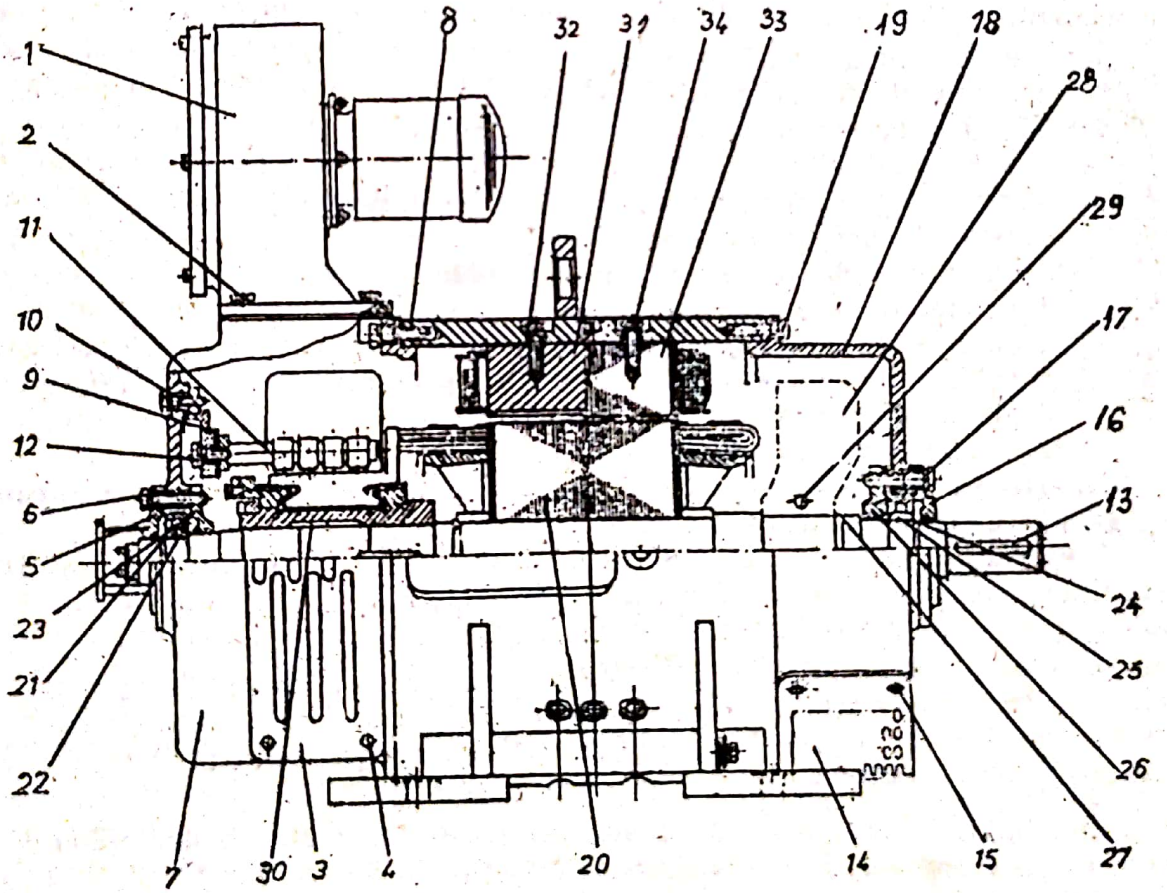


Fig. 11.25. Secţiune printr-un motor de curent continuu.

Scanned with OKEN Scanner

— se desfac legăturile statorului;
— se demontează polii principali *31* şi polii auxiliari *33*, prin deşurubarea şuruburilor *32* şi *34*.

În cele mai de sus s-au prezentat toate operaţiile necesare unei demontări complete. De multe ori, remedierea defectului nu reclamă decât o demontare parţială; în acest caz, succesiunea operaţiilor rămâne aceeaşi, până la punctul unde se consideră necesară demontarea. Demontarea şi montarea motoarelor electrice au o influenţă foarte mare asupra calităţii funcţionării motorului reparat, ceea ce impune o atenţie deosebită şi o utilizare corectă şi corespunzătoare a sculelor pentru fiecare operaţie în parte.

La **remontarea motorului** operaţiile se vor executa în sensul invers demontării.

b. Repararea părţilor componente ale motorului electric asincron

• **Repararea înfăşurărilor.** Bobinajele pot fi reparate fie prin *rebobinare completă,* fie prin *înlocuire parţială.* Repararea prin înlocuire parţială este economică şi asigură o bună calitate, deoarece o mare parte a bobinajului original este păstrat. De multe ori însă, înlocuirea parţială nu este posibilă, zona defectă fiind extinsă şi atunci se impune refacerea în întregime a bobinajului.

La rebobinarea unei maşini electrice este nevoie să se stabilească caracteristicile bobinajului vechi:
— felul şi schema bobinajului;
— pasul şi numărul de crestături;
— numărul de conductoare în crestătură;
— numărul de bobine şi de secţii pe bobină;
— numărul de spire pe secţie;
— dimensiunile crestăturii bobinei, conductorului;
— forma şi dimensiunile penei;
— izolaţia crestăturilor şi a părţilor frontale;
— lungimea miezului de fier;
— izolaţia suportului bobinajului;
— dimensiunile bandajelor, amplasarea lor şi numărul de spire din fiecare;
— izolaţia sub bandaj;
— dimensiunile capetelor de bobină.

Înainte de începerea rebobinării, pachetul de tole trebuie să fie examinat cu atenţie, iar crestăturile să fie debavurate şi curăţate de praf.

Bobinajele statorice şi cele rotorice se repară în mod diferit, de la caz la caz, după modul în care s-au executat de întreprinderea producătoare şi în funcţie de posibilităţile de care dispune atelierul de reparaţii. Motoarele de medie tensiune se recomandă să fie trimise spre rebobinare la întreprinderile producătoare sau specializate în acest scop, deoarece repararea înfăşurărilor de medie tensiune este foarte dificilă, în crestături trebuind să nu existe spaţii de aer între conductoare, ele favorizând străpungerea izolaţiei.

Bobinajul statoric. Sunt mai multe procedee de rebobinare, depinzând de construcţia crestăturilor la o tensiune a maşinii de până la 500 V;
— procedeul tragerii sau coaserii (crestături închise);
— procedeul aşezării prin istm (crestături deschise sau semideschise).

Scanned with OKEN Scanner

Procedeul tragerii (coaserii). Se confecţionează teci izolante din preşpan de 0,2 mm grosime obţinute prin înfăşurarea pe două pene de lemn a mai multor straturi de preşpan, capătul preşpanului se lipeşte, iar după uscare se scot penele. Bobinele simple ale înfăşurărilor într-un singur strat se împart în funcţie de poziţia părţilor lor frontale faţă de stator în: *inferioare* (adică cele ale căror părţi frontale se îndoaie spre partea opusă rotorului) şi *superioare* (adică cele ale căror părţi frontale se aşază cât mai aproape de rotor). Pentru înfăşurarea atât a bobinelor inferioare cât şi a bobinelor superioare se folosesc şabloane speciale din lemn de forme potrivite.

Şablonul se aşază în interiorul statorului, fixându-se cu ajutorul penelor. Pentru a putea fi scos, după înfăşurarea bobinei, şablonul se face demontabil, iar, în plus, la partea inferioară se execută o canelură în formă de coadă de rândunică, în care se introduce o pană corespunzătoare.

Dimensiunile şabloanelor trebuie să corespundă dimensiunilor bobinelor vechi. Tecile curate se introduc în crestăturile statorului, curăţate în prealabil. Tecile bobinelor inferioare trebuie să fie puţin mai scurte decât ale celor superioare.

Înfăşurarea trebuie să înceapă cu bobinele inferioare după aşezarea şablonului respectiv. Pentru a putea aşeza conductoarele în crestătură într-o ordine determinată, se aşază în crestătură pene de lemn, care au lăţimea egală cu lăţimea interioară a tecii izolante, iar înălţimea egală cu diametrul conductorului cu izolaţie. În afara penelor de lemn se aşază şi câte un rând de tije metalice care au diametrul egal cu diametrul conductorului izolat, iar între penele de lemn se introduce izolaţia dintre rânduri, dacă este cazul. Modul de aşezare în crestătură a penelor este redat în figura 11.26. Pentru aşezarea conductoarelor, se scoate tija respectivă şi în locul ei se introduce capătul conductorului care este tras prin crestătură de către muncitorul care stă în partea opusă a statorului. În timpul tragerii, conductorul se întinde pe toată lungimea, dacă spaţiul permite; dacă nu, el se aşază în spirale. După ce a fost aşezat un strat de spire, toate tijele metalice se scot. Pentru bobinarea stratului următor de conductoare, se scoate pana corespunzătoare şi în locul ei se introduce un strat complet de tije metalice şi procesul de tragere continuă prin scoaterea succesivă a tijelor şi penelor până la bobinarea completă a crestăturii.

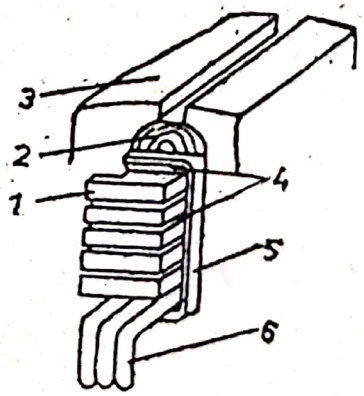


Fig. 11.26. Umplerea crestăturii înaintea bobinării:
1 — pană de lemn; *2* — pana crestăturii; *3* — stator; *4* — izolaţie între rânduri; *5* — teacă; *6* — tijă metalică.

După aşezarea tuturor bobinelor inferioare, părţile lor frontale se izolează cu un strat de pânză lăcuită şi se leagă sau se înfăşoară cu o bandă de bumbac.

Bobinele superioare se bobinează ca şi cele inferioare, cu deosebirea că părţile lor frontale nu se îndoaie lateral, ci trec direct de la o crestătură la alta.

Procedeul aşezării prin istm. Bobinarea se poate face într-un strat sau două straturi şi se utilizează la pachetele de tole care au crestătură deschisă sau semiînchisă şi la care deschiderea istmului permite trecerea uşoară a conductorului. Bobinele se execută de obicei de formă trapezoidală sau de forma unui hexagon neregulat alungit, pe şabloane de lemn

Scanned with OKEN Scanner

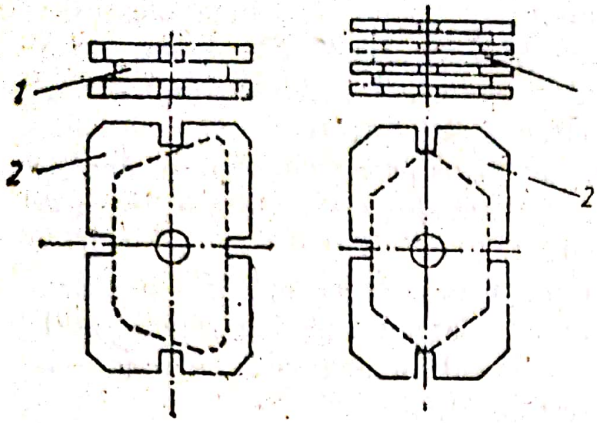


Fig. 11.27. **Şabloane pentru înfăşurarea prin procedeul aşezării prin istm;**
1 — miez; *2* — părţi laterale.

(fig. 11.27). Pe şablon se execută bobinele înfăşurării dintr-un strat. Izolaţia crestăturilor se face cu un strat sau două de preşpan sau pânză uleiată, peste care se aplică carton electrotehnic. Înainte de aşezarea înfăşurării, în crestătură se aşază izolaţia de crestătură sub formă de teacă, ale cărei capete trebuie să iasă în afara crestăturilor pentru a preveni deteriorarea conductoarelor care se introduc prin istm. După aşezarea tuturor conductoarelor, capetele izolaţiei la crestături se îndoaie, acoperindu-se reciproc în crestătură. După aceea se bat penele de lemn care închid crestătura, având grijă ca sub ele să se monteze în prealabil izolaţia corespunzătoare. Părţile frontale ale bobinelor se îndreaptă, se izolează şi se leagă cu şnur sau bandă de bumbac. În figura 11.28 se arată schematic modul de dispunere într-un strat *(a)* şi în două straturi *(b)*, pentru tensiunea 220/380 V, a înfăşurărilor prin procedeul aşezării prin istm.

Pentru toate tipurile de înfăşurări, după terminarea bobinării şi închiderii crestăturii, înfăşurarea se împarte în trei părţi care se leagă între ele în serie sau în paralel, astfel încât să formeze fazele înfăşurării. La capetele celor trei grupe de bobine se lipesc conductoare de ieşire care se leagă la bornele cutiei de borne, având grijă să se marcheze începutul şi sfârşitul fiecărei faze.

Bobinajul rotoric. Motoarele asincrone trifazate pot avea rotorul bobinat sau rotorul în scurtcircuit.

În cazul rotorului bobinat, rebobinarea poate fi executată fie cu bobine preformate, când fiecare secţie a înfăşurării este compusă din mai multe conductoare şi bobinarea se execută ca şi cea statorică, fie cu bare, când fiecare bară formează o secţie. Barele de rotor se aşază în crestături dinspre partea frontală a rotorului, crestăturile sale fiind închise sau semiînchise, istmul nepermiţând trecerea barelor pe deasupra. Latura din crestătură se izolează cu

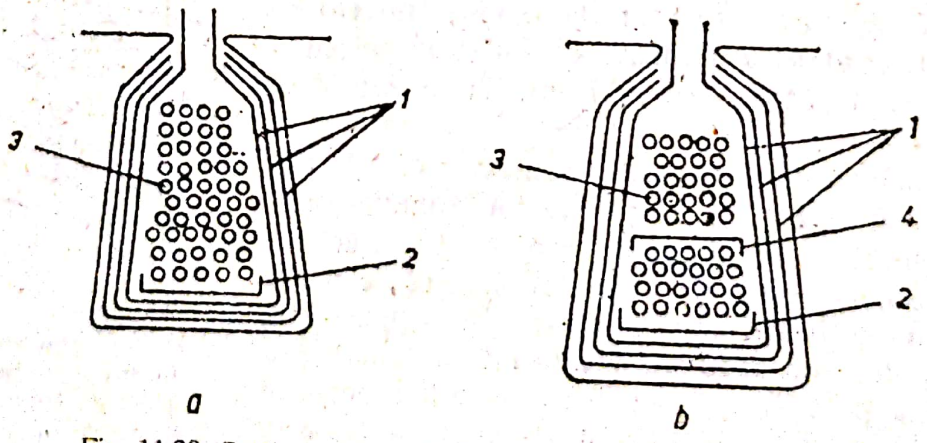


Fig. 11.28. **Secţiune schematică printr-o crestătură cu istm:**
a — într-un strat; *b* — în două straturi; *1, 2* — carton electrotehnic de 0,2 mm în trei straturi; *3* — conductoare; *4* — carton electrotehnic de 0,4 mm.

Scanned with OKEN Scanner

hârtie bachelitizată, iar părţile frontale cu bandă lăcuită, peste care se înfăşoară banda de bumbac.

În părţile frontale, barele se izolează cu bandă de bumbac, o dată sau de două ori. După executarea părţilor frontale ale înfăşurării, pe capetele barelor se pun mufele şi se execută toate conexiunile.

În cazul rotoarelor în scurtcircuit, repararea este mult mai uşoară decât la cele bobinate, deoarece schema de înfăşurare este mai simplă. Repararea lor depinde de felul materialului din care sunt executate barele şi inelele de scurtcircuitare: cupru sau aluminiu.

În cazul folosirii cuprului, barele de rotor noi, confecţionate după dimensiunile celor vechi, se bat în crestăturile rotorului debavurat, uscat şi desprăfuit. Inelele de scurtcircuitare, confecţionate din bronz, se leagă cu barele prin lipire cu aliaje de lipit tari, sau prin sudare cu cupru fosforos, folosindu-se electrozi de cărbune.

În cazul folosirii aluminiului, colivia care se formează serveşte simultan şi drept înfăşurare şi pentru fixarea pachetului de tole. Marginile inelelor de scurtcircuitare se toarnă cu aripi care servesc ca ventilator. Locul de lipit bară-inel se curăţă şi se încălzeşte cu lampa de lipit până la 400—500°C, temperatura la care se efectuează şi lipirea printr-o simplă atingere a vergelei de aliaj de lipit, având următoarea compoziţie: cositor 63%, zinc 33%, aluminiu 4% (se prezintă sub forma unor vergele de 6—8 mm diametru şi 200—250 mm lungime).

Locul care se lipeşte trebuie să fie orizontal, iar după umplere, prisosul de aliaj se îndepărtează.

Modificarea bobinajelor la motoarele asincrone. În atelierele de reparat motoare electrice din cadrul întreprinderilor industriale pot apărea şi următoarele situaţii:

— rebobinarea motorului prin înlocuirea materialului conductor (din cupru în aluminiu);

— rebobinarea motorului prin modificarea secţiunii conductorului;

— rebobinarea motorului pentru o altă tensiune.

Rebobinarea motorului prin înlocuirea materialului conductor. Deoarece rezistivitatea aluminiului este mai mare decât a cuprului şi deci densitatea de curent admisibilă este mai mică, ar trebui ca la aceleaşi caracteristici ale motorului secţiunea conductorului de aluminiu să fie mai mare decât a celui de cupru. Cum însă pachetul de tole este acelaşi, adică dimensiunile crestăturilor nu pot fi schimbate, rezultă că şi numărul de conductoare, lungimea şi secţiunea noului bobinaj de aluminiu trebuie să fie egale cu cele ale bobinajului de cupru iniţial. În acest caz:

$$R_{Al} = \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} R_{Cu} = \frac{0{,}0283}{0{,}0175} R_{Cu} = 1{,}63\, R_{Cu}. \qquad (11.10)$$

în care:

R_{Al} este rezistenţa conductorului de aluminiu;

R_{Cu} — rezistenţa conductorului de cupru;

ρ_{Al} — rezistivitatea aluminiului;

ρ_{Cu} — rezistivitatea cuprului.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece în regimul nominal de funcţionare caracterizat prin curentul I_n se dezvoltă în înfăşurarea de cupru pierderilor $R_{Cu} I_n^2$, iar încălzirea trebuie să fie aceeaşi, rezultă pentru înfăşurarea de aluminiu curentul nominal.

$$I_{nAl} = \sqrt{\frac{R_{Cu}}{R_{Al}}}\, I_{nCu} = 0{,}788\, I_{nCu} \tag{11.11}$$

Tensiunea rămânând aceeaşi, rezultă că puterea nominală a motorului, P_n, va fi mai mică decât cea iniţială cu circa 21,2%; de asemenea se înrăutăţeşte şi factorul de putere al maşinii.

Rebobinarea motorului prin modificarea secţiunii conductorului. Este folosită această modificare în cazul în care nu se dispune de un conductor cu secţiune identică, ci cu o secţiune mai mică. Atunci se pun mai multe conductoare în paralel, rezultând prin însumare o secţiune identică cu secţiunea iniţială. În cazul a n conductoare în paralel, diametrul conductorului se calculează cu relaţia:

$$d_c' = \frac{d_c}{\sqrt{n}}\ [\text{mm}], \tag{11.12}$$

unde:

d_c este diametrul conductorului iniţial, fără izolaţie.

Exemplu. Motorul a fost bobinat cu un conductor cu $d_c = 1{,}6$ mm. Dacă nu se dispune de un asemenea conductor se pot folosi:

— două conductoare în paralel: $d_c' = \frac{1{,}6}{\sqrt{2}} \cong 1{,}15$ mm;

— trei conductoare în paralel: $d_c'' = \frac{1{,}6}{\sqrt{3}} \cong 0{,}95$ mm.

Rebobinarea motorului pentru o altă tensiune. Puterea şi viteza maşinii trebuind să rămână neschimbate, de asemenea şi conexiunea (Y sau Δ), se procedează astfel:

— se iau datele înfăşurării iniţiale: numărul de crestături ale statorului z, numărul de conductoare într-o crestătură n_c, secţiunea conductorului s, pasul de bobinaj y, numărul crestăturilor pe pol şi faza q;

— se determină raportul tensiunilor $K = \frac{U'}{U}$, U' fiind tensiunea la care trebuie rebobinat motorul, iar U tensiunea iniţială, măsurate între faze, în V;

— acest raport se înmulţeşte cu numărul iniţial de conductoare din crestătură pentru a obţine numărul nou de conductoare din crestătură: $n_c' = K \cdot n_c$;

— se recalculează: $I' = \frac{I}{K}$;

— se recalculează secţiunea conductorului: $s' = \frac{s}{K}$,

Exemplu. Un motor asincron trifazat pentru rebobinare are caracteristicile: 18 W; 2 800 rot/min; 220/380 V; 5,6/2,25 A; cos $\varphi = 0{,}8$. Trebuie rebobinat pentru tensiunea de 500 V. După demontare s-au măsurat: $x = 24$, $n_c = 2 \times 31$; $s = 0{,}78$ mm^2; $y = 10$, $q = 4$. Calculul se efectuează astfel:

$$K = \frac{500}{380} = 1{,}3;\ n_{c1} = 1{,}3 \cdot 2 \cdot 31 \cong 80(2 \times 40);\ I' = \frac{3{,}25}{1{,}1} = 2{,}5\ \text{A};$$

$$s' = \frac{0{,}78}{1{,}3} = 0{,}59\ \text{mm}^2, \text{ adică } d_c' = 0{,}85\ \text{m}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Impregnarea şi uscarea bobinajelor. Există mai multe procedee, dintre care citãm:

— *impregnarea prin imersiune* (cea mai larg răspândită şi care este prezentată în continuare);

— *impregnarea sub vid.*

Modul de impregnare se alege în funcţie de clasa de izolaţie a motorului şi de condiţiile de mediu în care va funcţiona acesta. Înainte de impregnare se suflă cu aer comprimat uscat, pentru a se îndepărta orice urmă de impurităţi. După aceea, se execută o operaţie de preuscare până la o temperatură de 120°C, timp de câteva ore, în funcţie de mărimea pieselor, într-un cuptor special. Apoi se lasă să se răcească până la 40—60°C, pentru evitarea aprinderii lacului de impregnare. Se introduc statorul şi rotorul în baia cu lac de impregnare, în aşa fel încât să fie complet cufundate în lichid. După timpul cerut de tehnologia impregnării se scot, se lasă să se scurgă surplusul de lac şi apoi se introduc în cuptor.

Uscarea în cuptor se face în două etape:

— menţinerea la temperatura de 80°C, timp de 2—5 ore pentru evaporarea solventului;

— uscarea propriu-zisă la temperatura 120—190°, timp de 10—16 ore, în funcţie de izolaţia şi destinaţia motorului.

Impregnarea sub vid este mai eficientă deoarece lacul pătrunde mai bine în interstiţii, dar necesită instalaţii de obţinere a vidului, care sunt costisitoare şi cu care în general sunt dotate întreprinderile constructoare de maşini (şi nu atelierele de reparaţii).

• **Repararea inelelor colectoare, a portperiilor şi a periilor colectoare.** Inelele colectoare ale motoarelor asincrone cu rotorul bobinat pot prezenta următoarele defecte:

— suprafaţă rugoasă, murdară sau ovalizată;

— inele scurticircuitate din cauza murdăriei şi a prafului de cărbune depus pe butucul izolant;

— contactele imperfecte între bobinaj şi barele de legătură ale inelelor;

— izolaţie distrusă prin conturnarea izolaţiei şi punerea la masă a părţilor conductoare.

Pentru înlăturarea defectelor se procedează la:

— strunjirea şi şlefuirea suprafeţei de contact;

— refacerea contactelor, cu strângerea corectă a şuruburilor de contact;

— schimbarea izolaţiei după demontarea inelelor în cazul conturnării acesteia sau când se constată o punere la masă.

Fixarea portperiilor trebuie bine făcută, deoarece slăbirea lor dă naştere la vibraţia periilor, ce dăunează bunei funcţionări a inelelor colectoare. Trebuie înlăturat jocul dintre perie şi casetă (normal acest joc este de 0,1—0,4 mm în sensul rotaţiei şi de 0,2—0,5 mm în sens transversal).

Periile trebuie să calce cu toată suprafaţa pe inelul colector şi trebuie să fie şlefuite după curbura inelului colector cu ajutorul unei hârtii sticlate, cu marginile ei îndoite în jos pentru evitarea răzuirii muchiei periei.

Presiunea periilor pe inele trebuie să fie aceeaşi la toate periile, verificarea făcându-se cu dinamometrul fixat pe degetul de apăsare al portperiei.

În cazul degradării mari a periei, aceasta se schimbă cu alta nouă, de aceeaşi marcă (*K* = carbon grafitat; *G* = grafit; *EG* = electrografit; *M* = metal grafitat).

Scanned with OKEN Scanner

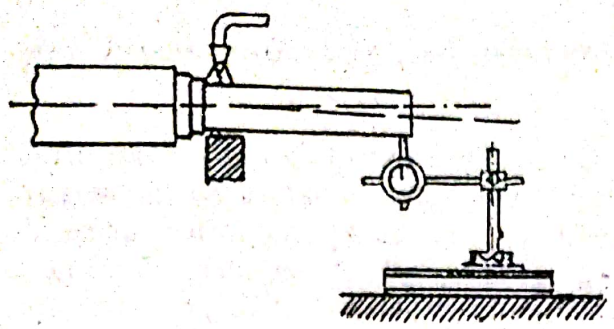


Fig. 11.29. **Îndreptarea arborilor cu ajutorul flăcării oxiacetilenice.**

• **Repararea arborilor.** Principalele defecte care apar sunt:

— încovoierea arborilor;

— uzura fusurilor;

— uzura canalelor de pană;

— deteriorarea capetelor de arbore;

— fisurile.

Îndreptarea arborilor se face cu ajutorul flăcării oxiacetilenice în felul următor: se aşază rotorul cu capetele arborelui pe lagăre provizorii din lemn căptuşite cu cositor, în aşa fel încât sensul de îndoire să fie în jos. Se aşază sub capătul fusului un comparator cu acul indicator la zero. Apoi, cu un brenner (arzător) potrivit se încălzeşte fusul ca în figura 11.29, pe o porţiune de 20—40 mm, până când acesta capătă la locul încălzit o culoare vişiniu deschis. Durata încălzirii nu trebuie să depăşească un minut. Datorită încălzirii se accentuează încovoierea fusului, lucru constatat la comparator. Apoi se lasă să se răcească încet, timp în care el se îndreaptă, lucru constatat la comparator, al cărui ac revine la zero, apoi trece de zero, indicând măsura în care fusul s-a stabilizat. Dacă nu s-a îndreptat suficient, se repetă operaţia de încălzire pe o porţiune vecină.

Repararea fusurilor uzate se poate face fie cu instalaţii speciale de cromare, fie prin încărcare cu sudură cu arc vibrator, de către un sudor specializat în această operaţie.

Canalele de pană se repară prin încărcarea lor cu sudură şi apoi prin frezare, în atelierele mecanice ale întreprinderii.

• **Repararea lagărelor, scuturilor şi carcaselor.** Motoarele asincrone pot avea lagăre cu rulmenţi sau lagăre de alunecare. Rulmenţii cu bile se repară rar; indicat este ca ei să fie înlocuiţi cu alţii noi, atunci când jocul dintre inele şi bile depăşeşte 0,1—0,3 mm. La înlocuire trebuie avute în vedere următoarele considerente;

— montarea trebuie să se facă fără deteriorări sau deformări ale căilor de rulare, fără înţepenirea bilelor sau rolelor;

— trebuie să se facă curăţirea tuturor suprafeţelor interioare ale lagărului şi ungerea lor corespunzătoare regimului de funcţionare;

— nu trebuie să se lase jocuri axiale şi radiale peste valorile indicate;

— fusurile pe care se montează rulmenţii trebuie prelucrate foarte precis; dacă rulmentul se montează pe un fus conic, oval sau cu o strângere prea mare, acesta se va dilata, va anula jocul de montaj şi va produce în funcţionarea motorului griparea, iar dacă fusul are un diametru prea mic, rulmentul va aluneca, conducând la o uzură accelerată a fusului, însoţită de o încălzire puternică şi de distrugerea sa.

La lagărele cu alunecare se pot ivi următoarele defecte:

— mărirea jocului dintre fus şi cuzinet, în care caz se înlocuieşte compoziţia cuzinetului;

— aruncarea uleiului din lagăr, datorită inelelor de ungere prea uşoare, calităţii necorespunzătoare a garniturilor sau montării incorecte a lagărului (jocuri prea mari).

Scanned with OKEN Scanner

Scuturile se pot sparge şi atunci, în funcţie de gravitatea defectului, ele se schimbă sau se repară prin sudare.

Carcasele, în afara spărturilor, mai pot prezenta ovalizări sau conicizări, care se înlătură prin strunjire.

• **Echilibrarea rotoarelor**

Rotorul unui motor electric poate prezenta:

— un *dezechilibru static*, când centrul de greutate al rotorului în timpul rotaţiei este deplasat la o oarecare distanţă faţă de axa sa de rotaţie (fig. 5.30, *a*). În acest caz, asupra rotorului acţionează o forţă dezechilibrată *q*, care tinde să scoată rotorul din poziţia de echilibru;

— un *dezechilibru dinamic*, când centrul de greutate se află pe axa de rotaţie, dar în mişcare apare un cuplu de forţe (fig. 11.30, b).

Pentru înlăturarea oricărui dezechilibru este necesară echilibrarea rotorului.

Echilibrarea statică. În figura 11.31 se indică două metode de echilibrare. Dacă rotorul este deplasat din poziţia de echilibru static, după câteva oscilări el revine, indicând în acest fel locul în care este dezechilibrat.

Echilibrarea dinamică. Se execută cu ajutorul dispozitivelor mecanice sau electrice de echilibrat. În cazul folosirii dispozitivului electric, principiul echilibrării este următorul: în timpul rotirii, rotorul provoacă oscilaţii ale reazemelor pe care sunt fixate lagărele, oscilaţii care sunt transmise unei bobine ce se află în câmpul magnetic al unui magnet permanent. Se produce astfel o t.e.m. care este amplificată şi transmisă unui voltmetru şi unui dispozitiv stroboscopic. Valoarea dezechilibrului este citită la voltmetru, iar locul acestuia este indicat de dispozitivul stroboscopic.

Echilibrarea se face fie prin îndepărtarea de material din corpul rotorului, prin găurire (la rotoarele mici), fie prin aplicarea unor greutăţi de echilibrare în locurile special prevăzute în acest scop, prinse în şuruburi sau prin sudare (la rotoarele mari).

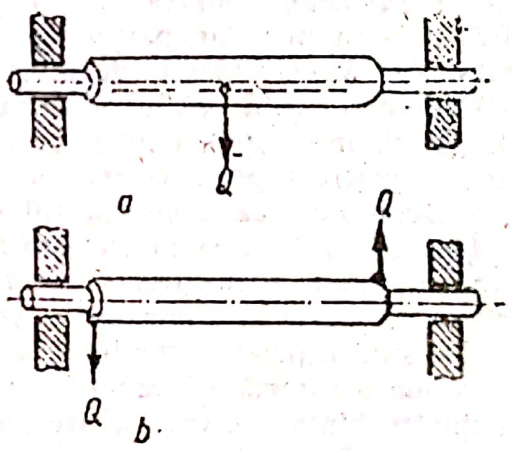


Fig. 11.30. **Tipuri de dezechilibru:** *a* — static; *b* — dinamic.

c. Repararea părţilor componente ale motorului electric de curent continuu

• **Repararea înfăşurărilor.** La maşinile de c.c. pot apărea defecte atât în înfăşurarea statorului (de excitaţie) cât şi a rotorului. După depistarea defectului se procedează la scoaterea bobinajului cu înregistrarea prealabilă a caracteristicilor înfăşurării vechi, după cum s-a indicat la repararea înfăşurărilor maşinilor de c.a. Se trece apoi la rebobinarea fie a rotorului, fie a statorului sau la amândouă, după situaţia defectării.

Rebobinarea rotorului. Secţiile trebuie refăcute după dimensiunile şi

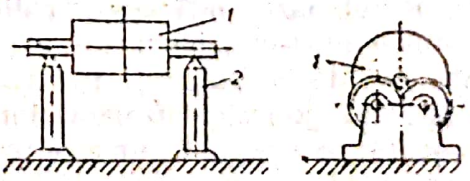


Fig. 11.31. **Metode de constatare a dezechilibrării statice:** *a* — pe rigle cuţit; *b* — pe discuri, *1* — rotor; *2* — riglă cuţit.

Scanned with OKEN Scanner

conductoarele secţiilor originale, iar izolaţia trebuie să fie de aceeaşi calitate şi grosime ca şi cea veche. Rotorul maşinilor de c.c. poate avea:

— înfăşurarea buclată;

— înfăşurarea ondulată.

În ambele cazuri executarea secţiei se face pe maşini de bobinat, cu ajutorul şabloanelor. Conductorul care vine spre şablon trebuie trecut în prealabil printr-un dispozitiv cu role, pentru a fi bine întins şi îndreptat. De asemenea, pentru a păstra forma dreptunghiulară a secţiei, lucru ce face posibilă aşezarea ei în crestături, secţia trebuie bine întinsă, deoarece conductoarele secţiei slab înfăşurate se vor împleti şi nu vor menţine forma dreptunghiulară a secţiei. Secţia sau bobina executată se scoate de pe şablon şi se leagă în câteva locuri cu o bandă de bumbac aşezată în crestăturile şablonului înainte de bobinare, apoi se izolează cu izolaţie de tipul secţiilor vechi ale maşinii. Îndoirea secţiei noi, după forma celei vechi, se execută cu ajutorul a două scânduri de lemn şi nu cu piese metalice. După aceea se acoperă cu lac şi se usucă în aer sau cuptor. Înainte de introducerea bobinelor pe rotor, se execută operaţiile:

— curăţirea crestăturilor de praf sau impurităţi;

— încercarea suporturilor înfăşurărilor şi a colectorului cu ajutorul megohmmetrului, pentru a se vedea dacă nu sunt puneri la masă;

— verificarea lamelor colectorului pentru a constata prezenţa scurtcircuitului între ele (cu megohmmetrul) şi înlăturarea lui;

— verificarea lipsei de bavuri a crestăturilor, eventual pilirea lor;

— izolarea crestăturilor cu izolaţie în formă de teacă, din carton electrotehnic.

La aşezarea bobinelor pe rotor se introduc mai întâi părţile inferioare pe distanţa pasului polar; părţile superioare ale acestor bobine rămân provizoriu neaşezate în crestături, deoarece sub ele trebuie aşezate mănunchiurile inferioare ale altor bobine. Concomitent cu aşezarea secţiilor sau bobinelor în crestături, între stratul inferior şi cel superior al părţilor frontale se aşază izolaţia dintre straturi, formată din benzi de carton electrotehnic.

După aşezarea tuturor secţiilor în crestături, capetele din afară ale tecilor izolante se îndoaie şi în crestături se introduc pene din lemn (dacă acestea sunt prevăzute în construcţia rotorului) şi se trece apoi la aşezarea capetelor secţiilor în locaşurile lamelor de colector sau steguleţelor. Înainte de a aşeza în locaşuri capetele superioare ale bobinelor, este necesar să se constate succesiunea corectă a începuturilor şi sfârşiturilor diferitelor secţii cu ajutorul lămpii de control. După aşezarea tuturor capetelor de bobină în locaşurile de colector, înfăşurarea se încearcă la scurtcircuit între spire, înainte de a fi lipită de colector, cu ajutorul unui electromagnet cu circuitul magnetic deschis.

Lipirea capetelor înfăşurării la colector se face cu rotorul oblic, pentru a nu pătrunde în interiorul bobinajului aliajul de lipit topit. Aliajul este de cositor, iar decapantul este colofoniul.

Rebobinarea înfăşurării polilor. Rebobinarea înfăşurărilor polare începe cu confecţionarea şabloanelor, ale căror dimensiuni s-au determinat la scoaterea bobinelor de pe poli. Ele trebuie să fie suficient de mari pentru ca bobinele să intre pe poli după izolarea lor. La capătul conductoarelor bobinei care se înfăşoară, se lipeşte o lamă de cupru cositorită, ce se izolează faţă de toate spirele bobinei cu tub uleiat şi se protejează cu o bandă de carton electrotehnic contra eventualelor deteriorări în timpul bobinării.

Înfăşurarea bobinei se execută ca şi cea a secţiilor bobinelor rotorului, adică pe *dispozitive de bobinare.* Spirele se înfăşoară în rânduri, numărul spirelor

Scanned with OKEN Scanner

reducându-se treptat pentru a da bobinei o formă conică. Spirele în rândurile bobinei sunt prinse cu ajutorul unei benzi în serpentină, care este aşezată pe fundul suportului, înainte de începerea bobinării (fig. 11.32). Înfăşurarea bobinei se execută într-un singur sens. Pentru obţinerea polarităţii diferite a polilor la legarea lor în serie, se leagă începutul unei bobine cu începutul celeilalte. Bobina înfăşurată, împreună cu tubul din carton electrotehnic montat pe şablon înainte de bobinare, se izolează cu bandă de bumbac, apoi se usucă şi se impregnează cu lac. La maşinile cu excitaţie serie, bobinele de excitaţie (polare) se confecţionează din conductoare cu secţiunea mult mai mare decât la cele cu excitaţie derivaţie şi au numărul de spire mult mai mic.

În timpul confecţionării bobinelor polare trebuie executată cu grijă izolaţia capetelor şi a trecerilor de la un strat la altul, deoarece, în aceste locuri, asupra izolaţiei acţionează fie tensiunea totală a bobinei, fie o mare parte din ea. Fixarea capătului interior al bobinei se face ca în figura 11,33, *a*. Pe capătul conductorului *1* se cositoreşte o bucată de tablă de cupru subţire *2*, care se acoperă cu carton electrotehnic *3*. Această terminaţie este bine presată de către spirele înfăşurării ce se bobinează deasupra. Pentru lipirea legăturii dintre poli, la capătul legăturii se face ochiul *4*.

Fixarea capătului exterior se face ca în figura 11.33, *b*. În figura 11.33, *c* este reprezentată fixarea ultimei spire a bobinei cu ajutorul benzii de bumbac *5* care presează ultimul strat al înfăşurării.

Verificări necesare în faza de montaj a maşinii de c.c. Aceste verificări sunt necesare deoarece de multe ori se execută greşit legăturile la polii auxiliari şi la cei principali. Verificarea constă din: determinarea polarităţii polilor principali şi auxiliari, a legăturilor dintre ei, a legăturilor înfăşurărilor de excitaţie, a înfăşurărilor de compensare.

Determinarea polarităţii polilor se efectuează cu ajutorul acului magnetic, prin alimentarea înfăşurării polilor (rotorul fiind scos din stator) şi aducerea acului magnetic în dreptul polilor. După indicaţiile acului se determină polaritatea fiecărui pol. Succesiunea polilor principali (notaţi cu literă mare) şi a polilor auxiliari (notaţi cu literă mică), pentru sensul de rotaţie al motorului de la stânga la dreapta (privit motorul dinspre partea opusă cuplei) trebuie să fie: *N—n—S—s* etc., iar pentru sensul de rotaţie de la dreapta la stânga: *S—n—N—s* etc.

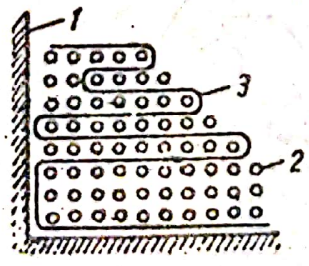


Fig. 11.32. **Schiţa înfăşurării bobinei polare:**
1 — suport bobină; *2* — conductor; *3* — bandă de consolidare.

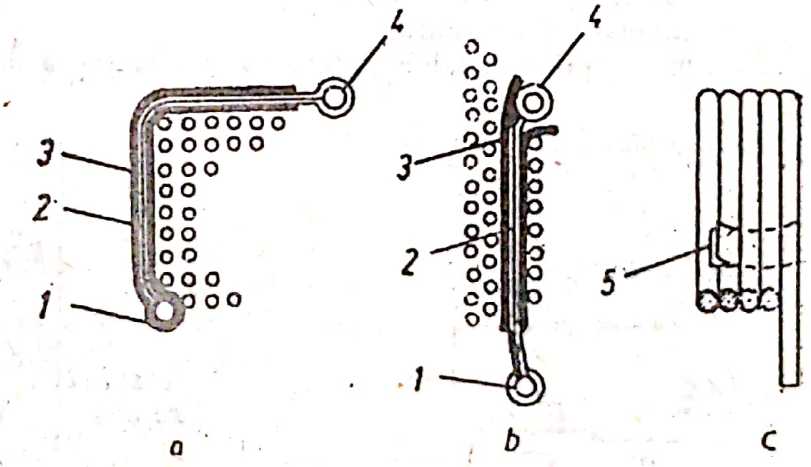


Fig. 11.33. **Schiţa fixării capetelor bobinelor polare.**

Scanned with OKEN Scanner

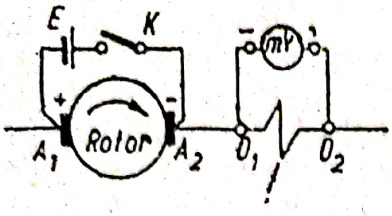


Fig. 11.34. **Montaj pentru verificarea legăturii dintre înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari:**
E — baterie; *K* — întreruptor monopolar; *mV* — milivoltmetru.

Verificarea legăturii între înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari se face prin metoda inducţiei, controlând polarităţile. Legătura între înfăşurarea rotorică şi cea a polilor auxiliari este realizată în acelaşi mod, indiferent de sensul de rotaţie a maşinii sau de regimul ei de funcţionare (motor sau generator).

Pentru verificare se realizează montajul din figura 11.34 şi prin conectări şi deconectări succesive ale întreruptorului *K* se determină polaritatea la bornele D_1 şi D_2. Rezultă o polaritate inversă, deoarece amperspirele de lucru ale polilor auxiliari sunt de sens contrar amperspirelor rotorului şi deci executarea legăturilor se face la polaritatea de acelaşi fel (ca în fig. 11.34).

Verificarea polarităţilor periilor. Cunoscându-se sensul de rotaţie al maşinii şi având determinată polaritatea polilor principali, se poate stabili polaritatea periilor. Se utilizează următoarele procedee:

— excitaţia maşinii se alimentează cu o polaritate dată. La perii se leagă un voltmetru de c.c cu zero la mijloc şi se dă prin şoc o învârtire a rotorului în sensul de funcţionare. După sensul deviaţiei acului aparatului şi după modul lui de legare se poate stabili polaritatea (fig. 11.35);

— se stabilesc două puncte *a* şi *a'* pe colector, ca în figura 11.36, între două perii succesive pe colector, de polaritate diferită, la distanţă egală. Cu un voltmetru se măsoară tensiunea între *a* şi *a'*. Cu un întreruptor se conectează şi se deconectează excitaţia maşinii la şi de la o sursă de tensiune mică, observându-se sensul deviaţiilor acului voltmetrului. Dacă la conectare deviaţia este în sensul pozitiv al scalei, iar la deconectare în sensul negativ, punctul *a* are polaritatea + iar punctul *a'* polaritatea —. În acest caz periile imediate, mergând pe colector în sensul invers sensului de rotaţie, vor avea polaritatea punctelor *a* şi *a'* (fig. 11.36).

- **Repararea colectorului.** Defectele des întâlnite la colector sunt:

— suprafaţa rugoasă, murdară sau ovalizată;
— scurtcircuite între lamele;
— canelare defectuoasă;
— mica dintre lamelele colectorului este ieşită deasupra lamelelor;

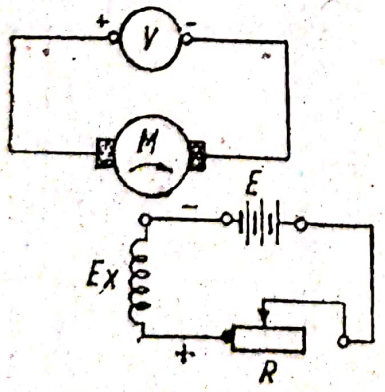


Fig. 11.35. **Montaj pentru verificarea polarităţii perilor;**
V — voltmetru de c.c; *E* — baterie; *R* — reostat.

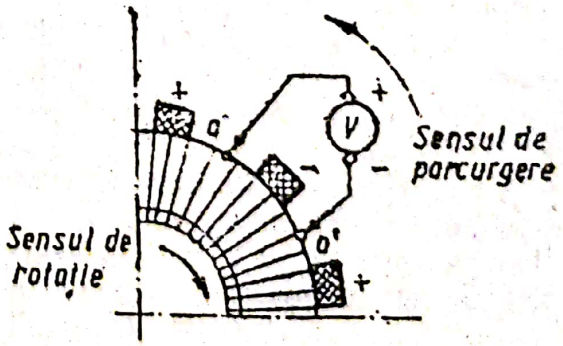


Fig. 11.36. **Determinarea polarităţii periilor prin puncte de măsură pe colector.**

Scanned with OKEN Scanner

— lamelele sunt puse la masă;
— lamelele colectorului au foc;
— lamelele sunt arse.

Remedierea acestor defecte se execută după cum urmează:

În cazul colectoarelor cu suprafeţele rugoasă, murdară, sau ovalizată se strunjeşte colectorul în stare rece şi se şlefuieşte cu bandă sticlată. Aceste operaţii se pot face fără demontarea lui de pe rotor, iar pentru a împiedica şpanul produs la strunjire şi praful de sticlă, cupru sau mică, produs la şlefuire să intre în bobinaj, se înfăşoară rotorul în hârtie şi se leagă cu sfoară. După obţinerea suprafeţei lustruite, colectorul se curăţă şi se aspiră cu aspiratorul (în cel mai rău caz se suflă cu aer comprimat). Apoi se execută canelarea micei dintre lamele cu cârlige speciale, pentru a îndepărta pilitura metalică dintre lamele.

Când defectul constă în scurtcircuitatea lamelelor, mai întâi se determină cele scurtcircuitate cu ajutorul unei lămpi de control, care nu trebuie să se aprindă când electrozii ating două lamele vecine. Scurtcircuitele exterioare între lamele se înlătură cu ajutorul unei pânze de ferăstrău, sau cu un cârlig special. Dacă scurtcircuitul este în interiorul colectorului (din cauza deteriorării conurilor izolante, sau când colectorul are o punere interioară la masă), colectorul trebuie demontat, reparat şi remontat, operaţii care trebuie să fie făcute de întreprinderea constructoare, sau în ateliere specializate.

Dacă defectul colectorului constă în canelare defectuoasă sau în ieşirea lamelelor izolante deasupra lamelelor de cupru se execută canelarea corectă cu cârlige speciale.

Jocul lamelelor colectoare se poate constata dacă, la lovirea lamelelor cu ciocanul (prin intermediul unei piese de metal moale), unele dintre lamele se deplasează. În cazul acestui defect, lamelele se pot fixa prin strângerea conurilor de presare cu ajutorul buloanelor sau piuliţelor de strângere, concomitent cu încălzirea colectorului. La încălzirea colectorului trebuie avut grijă ca înfăşurarea să fie protejată prin plăci de azbest.

În cazul lamelelor arse trebuie demontat colectorul, operaţie recomandată a fi executată în ateliere specializate sau de către întreprinderea constructoare.

● **Repararea inelelor colectoare, periilor, portperiilor, lagărelor, carcaselor** etc. precum şi **echilibrarea rotorului** se execută în acelaşi mod ca şi la maşina asincronă.

4. ÎNCERCĂRILE MAŞINILOR REPARATE

În afara verificărilor de pe parcursul reparării amintite în subcapitolele anterioare, maşinile electrice sunt supuse după remontare şi înainte de a fi duse la locul lor de instalare, la următoarele probe (date mai jos).

a. Verificarea exterioară şi a stării generale a maşinii

Se controlează suprafaţa exterioară a lagărelor, placa de borne, carcasa, portperiile, colectorul, inelele colectoare, aspectul interior al bobinajelor (când acestea sunt vizibile), starea vopselei.

Scanned with OKEN Scanner

b. Măsurarea întrefierului dintre rotor şi stator

Măsurarea se face cu aparate speciale, în 4—8 puncte diametral opuse. Valorile obţinute nu trebuie să difere faţă de media, egală cu semisuma lor, cu mai mult de ± 10%.

c. Măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor

Se măsoară după cum urmează:

— pentru motoare asincrone cu $U_{nom} \geq 1$ kV sau $R_{nom} \geq 50$ kW, cu megohmmetrul de 2 500 V;

— pentru motoare asincrone cu $U_{nom} < 1$ KV, indiferent de putere şi pentru motoarele de curent continuu, cu megohmmetrul de 1 000 V.

Rezultatele măsurărilor nu se normează. Valorile obţinute nu trebuie însă să fie mai mici decât 70% din datele de catalog. În lipsa lor se recomandă formula:

$$R_{iz} \geq \frac{U\,[\mathrm{V}]}{1\,000 + \frac{P\,[\mathrm{kVA}]}{100}}\ [\mathrm{M\Omega}]. \qquad (11.13)$$

d. Încercarea rigidităţii dielectrice a înfăşurărilor sau proba cu tensiune mărită alternativă 50 Hz

Se aplică o tensiune sinusoidală cu $f = 50$ Hz, izolaţiei înfăşurării care se încearcă, faţă de masă, la care s-au legat celelalte înfăşurări ce nu se supun probei. Valoarea iniţială a tensiunii de încercare nu trebuie să depăşească jumătate din tensiunea nominală de încercare, iar variaţia ei trebuie făcută în trepte.

Timpul de încercare este de 1 min, iar timpul de creştere a tensiunii de încercare de la 0,5 $U_{înc}$ la valoarea prescrisă trebuie să fie de minimum 10 s.

Reducerea tensiunii se face treptat. Dispozitivul de încercat poate fi o trusă.

e. Măsurarea rezistenţei chimice a înfăşurării motoarelor

Se aplică înfăşurării de excitaţie a motoarelor de c.c. şi fazelor înfăşurărilor motoarelor de c.a.

Rezultatele obţinute nu trebuie să difere cu mult mai mult de 2% faţă de datele iniţiale de catalog. Proba se execută cu montaje de puncte de c.c.

f. Proba de mers în gol

Este necesară pentru determinarea comportării diverselor părţi componente ale maşinii. În această perioadă se controlează încălzirea diverselor părţi, funcţionarea stabilă, comutaţia la colector, funcţionarea periilor, ungerea normală şi se măsoară vibraţiile lagărelor care nu trebuie să depăşească 0,06 mm pentru motoarele cu turaţii de 3 000 t/min şi 0,1 mm pentru cele cu turaţii ≥ 1 500 t/min.

Scanned with OKEN Scanner

g. Proba de mers în sarcină

În atelierele de reparaţii, unde de regulă nu există standuri de probă adecvate, se utilizează două metode:

— *cu frână electromagnetică;*
— *încărcarea artificială a motorului.*

• **Metoda de frână electromagnetică** constă în folosirea unui grup motor-generator care alimentează un motor de c.c. de circa 10 kV, folosit drept frână. La acest motor de c.c., bobinajul polilor principali şi auxiliari este modificat pentru tensiunea generatorului de alimentare şi legat în serie, în aşa fel încât polii vecini să aibă polarităţi de sensuri contrare, iar rotorul este înlocuit cu un cilindru gol de oţel, cu un întrefier de 2 mm.

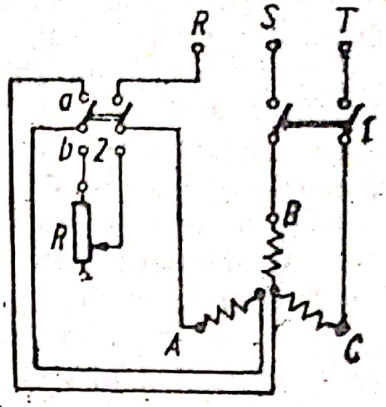


Fig. 11.37. **Montajul metodei de încărcare artificială a motorului electric** (*A, B, C* — fazele înfăşurării statorice).

Curentul de excitaţie al frânei se reglează în limite largi cu ajutorul unui reostat. Drept cuplaj se poate folosi un universal de strung montat pe arborele frânei.

În vederea probelor, motorul de încercat se cuplează cu frâna şi se conectează la reţea. Se reglează curentul de excitaţie al frânei, alimentat de grupul motor-generator, treptat, până când curentul în motorul de încercat atinge valoarea nominală (încărcarea se explică astfel: prin rotirea cilindrului de oţel în câmpul magnetic produs de polii frânei, apar în acesta curenţi turbionari şi se creează un cuplu de frânare care echilibrează cuplul activ al motorului încercat).

• **Metoda de încărcare artificială.** Se alimentează statorul motorului de încercat cu tensiunea nominală, iar după ce acesta ajunge la turaţia nominală se deconectează o fază, ale cărei capete se leagă la o rezistenţă variabilă, a cărei valoare se reglează în aşa fel încât curentul în stator să atingă valoarea nominală (montajul este redat în figura 11.37).

La pornire se închide întreruptorul *1* şi se aduce comutatorul *2* pe poziţia *a*, până la atingerea turaţiei nominale, după care se trece comutatorul pe poziţia *b*. Dacă tensiunea de alimentare este reglabilă, se poate elimina rezistenţa variabilă *R* şi se scurtcircuitează faza deconectată.

Metoda poate fi folosită atât la motoarele asincrone cu rotorul bobinat, cât şi la cele cu rotorul în scurtcircuit.

În cadrul probelor de mers în sarcină se fac din nou verificările de la punctul *f* şi, în plus ridicarea caracteristicii de reglaj al vitezei.

D. MĂSURI DE PROTECŢIE A MUNCII ŞI DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

1. MĂSURI DE PROTECŢIE A MUNCII

În marea majoritate, accidentele ce survin în exploatarea, întreţinerea şi repararea maşinilor electrice se datoresc neglijenţei sau lipsei de atenţie. Pentru a evita aceste accidente se impune în mod deosebit o disciplină a personalului de exploatare prin respectarea normelor de exploatare a utilajelor şi a

Scanned with OKEN Scanner

echipamentului electric, a normelor de protecţie a muncii şi PSI, precum şi prin folosirea unor mijloace de protecţie corespunzătoare operaţiilor efectuate de către acest personal.

Atât timp cât echipamentul electric se află în exploatare, cele mai frecvente accidente se datoresc electrocutării. Acţiunea curentului electric asupra organismului omenesc are ca efect provocarea de traumatisme externe (arsuri, ruperea ţesuturilor, orbirea etc.) sau interne (tulburări ale sistemului nervos, ale funcţionării sistemului cardiovascular şi ale respiraţiei).

Accidentarea unei persoane prin electrocutare se poate produce în următoarele condiţii:

— când persoana atinge concomitent două elemente bune conducătoare de electricitate, între care există diferenţă de potenţial electric (de exemplu atingerea a două faze, atingerea unei faze şi a pământului etc.);

— atingerea cu picioarele a două puncte de pe sol, aflate la potenţiale electrice diferite, în apropierea unei scurgeri de curent în pământ;

— atingerea conductorului de nul, într-o porţiune neizolată, când reţeaua este dezechilibrată şi când apar diferenţe de potenţial între nul şi pământ.

• Pentru evitarea accidentelor prin electrocutare, **pe durata exploatării maşinilor electrice** se iau următoarele măsuri de protecţie:

— Manevrele echipamentului de pornire a maşinilor electrice cu acţionare manuală se execută purtând mănuşi electroizolante. În cazul instalării dispozitivelor de comandă în locuri cu umiditate se vor folosi mănuşi, iar în faţa acestui echipament se instalează platforme electroizolante (grătar de lemn cu izolatoare suport).

— La motoarele electrice protejate numai prin siguranţe şi care nu au alte elemente de separaţie în faţa acestora, înainte de începerea oricărei lucrări pe circuitul de forţă, se vor demonta aceste siguranţe, folosind mănuşi electroizolante şi — în locuri umede — o platformă electroizolantă, iar în locul lor se vor monta capace de siguranţă fără fuzibil, vopsite în roşu.

În cazul în care elementele de protecţie electrică ale motorului se găsesc în altă încăpere, în mod suplimentar se va deconecta cablul de alimentare de la bornele motorului şi se vor asigura conductoarele acestuia cu degetare de cauciuc.

— Corpurile maşinilor electrice şi cele ale echipamentului din circuitul lor de forţă trebuie să fie legate la pământ.

Bornele înfăşurărilor şi cutiile terminale ale maşinilor electrice trebuie să fie închise, astfel încât să fie imposibilă ridicarea capacelor fără a demonta piuliţele.

— Elementele în rotaţie trebuie îngrădite sau protejate de apărătoare (inele colectoare, curelele de transmisie, cuplele, ventilatoarele, părţile deschise ale arborilor etc.).

— Izolarea electrică a circuitului de forţă de pe care urmează a se demonta motorul electric, începe prin oprirea motorului, verificarea lipsei tensiunii, realizarea unei separaţii vizibile, care se va bloca, iar pe dispozitivul de acţionare (heblu, întreruptor etc.) se va monta un indicator de interzicere: *„Nu închideţi! Se lucrează"*.

— Este interzis a se lucra la conductorul de legare la pământ atât timp cât motorul funcţionează şi alimentarea lui este conectată.

Scanned with OKEN Scanner

— La motoarele electrice se pot executa lucrări şi pe bază de instrucţiune tehnică internă. Aceasta însă nu exclude luarea tuturor măsurilor tehnice şi organizatorice care sunt necesare pentru asigurarea deplinei securităţi a personalului.

— Scoaterea plăcilor avertizoare şi repunerea în funcţiune a motoarelor se vor face numai dacă în registrul secţiei respective s-a consemnat faptul că lucrarea s-a terminat, precum şi numele persoanei care a comunicat acest lucru.

— În scopul prevenirii personalului de exploatare asupra pericolului de atingere a pieselor aflate sub tensiune, în vecinătatea acestora se afişează inscripţii sau placarde specifice; pentru fiecare fel de tensiune şi curent se vor utiliza notaţiile prevăzute în normative.

• **Pe parcursul executării reparaţiei maşinilor electrice** pot apărea noi cauze de accidentare atât prin electrocutare, cât şi de ordin neelectric:

— lămpile şi sculele electrice portative pot provoca electrocutări prin folosirea unor conductoare necorespunzătoare, prin lipsa legării la centura de împământare şi prin existenţa unor defecţiuni tehnice ce pot apărea la ele. În cazul lămpilor electrice, metoda cea mai sigură de protecţie este utilizarea tensiunilor de 24 V şi 36 V. În cazul sculelor electrice portative, care lucrează cu tensiuni de 120—220 V, securitatea muncii este asigurată prin construcţia şi calitatea sculelor. De aceea, este necesară verificarea lor periodică, iar utilizarea lor se face folosind o fişă de contact ce se racordează între priză cu contact de legare la pământ;

— printre accidentele de ordin neelectric ce pot interveni în procesul reparării maşinilor electrice, se citează: lovituri, striviri, intrarea în ochi a corpurilor străine pe timpul suflării cu aer comprimat sau a canelării sau strunjirii pieselor, arsuri provocate de metalele topite din timpul sudării sau lipirii, intoxicaţii cu substanţe de lăcuire şi vopsire etc.; de aceea, se impune ca în atelierele de reparat echipament electric personalul să cunoască măsurile de protecţie a muncii specifice tuturor operaţiilor locului de muncă şi să le respecte cu stricteţe.

2. MĂSURI DE PREVENIRE ŞI STINGERE A INCENDIILOR

În timpul exploatării maşinilor electrice, pe lângă pericolul electrocutării curentul electric poate provoca incendii, datorită încălzirii aparatajului electric în timpul funcţionării, în timpul scurtcircuitului sau suprasarcinilor. Arcurile electrice produse prin deranjamentele părţii electrice pot provoca arsuri personalului sau pot determina aprinderea prafului aglomerat sau a amestecului gazelor din atmosfera încăperii.

Pentru prevenirea pericolului de aprindere din cauza scânteilor şi a supraîncălzirii, trebuie luate următoarele măsuri:

• La regimul de funcţionare în plină sarcină, părţile motorului electric nu trebuie să se încălzească până la o temperatură periculoasă (lagărele nu trebuie să depăşească temperatura de 80°C).

• Părţile din clădiri şi părţile din utilaje care sunt expuse acţiunii arcului electric trebuie să fie neinflamabile.

• Siguranţele, întreruptoarele şi alte aparate asemănătoare, care în timpul exploatării pot provoca întreruperea curentului electric, trebuie acoperite cu carcase.

Scanned with OKEN Scanner

• Părţile reostatelor şi ale celorlalte aparate care se încălzesc în timpul funcţionării trebuie montate pe socluri izolate termic.

• Utilajul care lucrează în medii de praf sau gaze trebuie să fie acţionat cu motoare electrice antiexplozive, iar instalaţiile şi aparatajul să fie în execuţie antiexplozivă.

• Pentru a se putea interveni cu eficacitate în caz de incendiu, se recomandă ca lângă maşinile-unelte (sau în secţii) să fie amplasate extinctoare cu CO_2. Folosirea apei este interzisă la stingerea incendiilor în instalaţiile electrice, deoarece prezintă pericol de electrocutare şi determină şi extinderea defecţiunii.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 12

INSTALAŢII ELECTRICE SPECIFICE PROCESELOR INDUSTRIALE

A. SUDAREA CU ARC ELECTRIC

1. PROCESUL SUDĂRII

Sudura este *îmbinarea realizată între două piese metalice prin intrarea atomilor periferici în reţeaua cristalină comună.* Dacă piesele au aceeaşi compoziţie chimică, sudura este *omogenă,* altfel este *eterogenă* (sau *lipitură*). Acţiunea prin care se realizează îmbinarea pieselor se numeşte **sudare.** După procedeul de sudare electrică se deosebesc: *sudarea cu arc electric, sudarea sub zgură topită* şi *sudarea prin presiune.*

• În figura 12. 1 se indică **elementele componente ale unei instalaţii de sudare** şi anume:

— *sursele de alimentare,* reprezentate de utilajele care transformă diferite forme de energie primară în energie electrică cu parametri potriviţi pentru desfăşurarea procesului de sudare;

— *aparatele de sudare,* reprezentate de utilajele care efectuează sudarea;

— *utilajele auxiliare,* reprezentate de utilajele care au rolul de a ameliora condiţiile în care are loc procesul de formare a îmbinării sudate, precum şi cele de măsurare, control, reglare şi protecţie folosite în sursele de alimentare şi aparatele de sudare:

— *dispozitivele de manevrare,* reprezentate de utilajele care asigură rotirea sau deplasarea pe o anumită traiectorie a produselor în cursul sudării.

În continuare se va analiza sudarea cu arc electric.

• **Arcul electric** este o descărcare electrică autonomă în mediul dintre doi electrozi, condiţionată de emisia termoelectronică a catodului cald, cu densitate de curent mare, şi efecte luminoase şi calorice intense.

Arcul electric prezintă particularităţi în cadrul fiecărui procedeu, de aceea şi utilajele de sudare vor avea caracteristici diferite, în funcţie de procedeul folosit.

Arcul electric se clasifică:

— **după felul curentului;**

— *arc de curent continuu;*

— *arc de curent alternativ* (de frecvenţă industrială sau ridicată);

— **după natura materialului din care este constituit electrodul:**

— *arc cu electrod metalic fuzibil;*

— *arc cu electrod nefuzibil* (cărbune wolfram etc.);

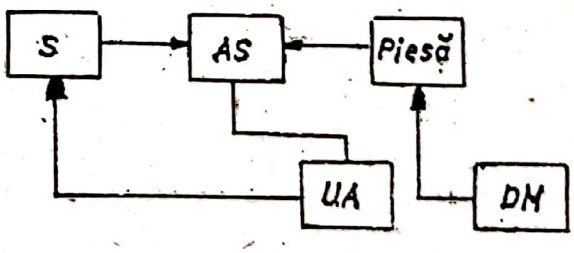


Fig. 12.1. **Schema-bloc a instalaţiei de sudare** *S* — surse de alimentare; *AS* — aparate de sudare; *UA* — utilaje auxiliare; *DM* — dispozitive de manevrare.

Scanned with OKEN Scanner

— **după piesa de sudat;**

— *arc cu acţiune directă,* dacă unul dintre electrozi este constituit din piesa de sudat;

— *arc cu acţiune indirectă,* în caz contrar.

Ca element de reţea, arcul electric se comportă ca o rezistenţă neliniară. De aceea, este important să se cunoască caracteristicile arcului electric, ridicate experimental şi care reprezintă legătura între tensiunea la bornele arcului u_a, curentul din arc i_a şi lungimea sa l, pentru diferite materiale din care sunt constituiţi electrozii. Se disting:

— **caracteristici ale arcului de c.c.;**

— **caracteristici ale arcului de c.a.**

Dacă perechile de valori u_a, i_a corespund arderii arcului electric într-un regim staţionar (nu variază în timp), caracteristicile se numesc statice; altfel, se numesc **dinamice.** În figura 12.2 se indică aceste caracteristici $u = f(i_a)$ pentru l = ct, şi pentrù un anumit material al electrozilor, în curent continuu şi în curent alternativ.

Se remarcă faptul că în c.a. cei doi electrozi schimbă între ei rolurile de catod şi anod la fiecare jumătate de perioadă.

• **Procedeele de sudare cu arc electric** se clasifică în:

— *sudarea manuală, cu arc electric deschis, cu electrod fuzibil;*

— *sudarea automată şi semiautomată, cu arc electric acoperit, cu electrod fuzibil;*

— *sudarea automată şi semiautomată, cu arc electric protejat, cu electrod fuzibil sau nefuzibil.*

Energia de sudare pentru topirea metalului de bază a metalului de adaos este produsă prin arcul electric. Cea mai mare parte de energie este eliberată de rădăcina cusăturii, producând căderea de tensiune anodică sau catodică în caracteristica tensiunii. Dacă coloana arcului se îngustează într-un ajutaj care înconjoară arcul electric, în scopul ridicării accentuate a temperaturii, arcul

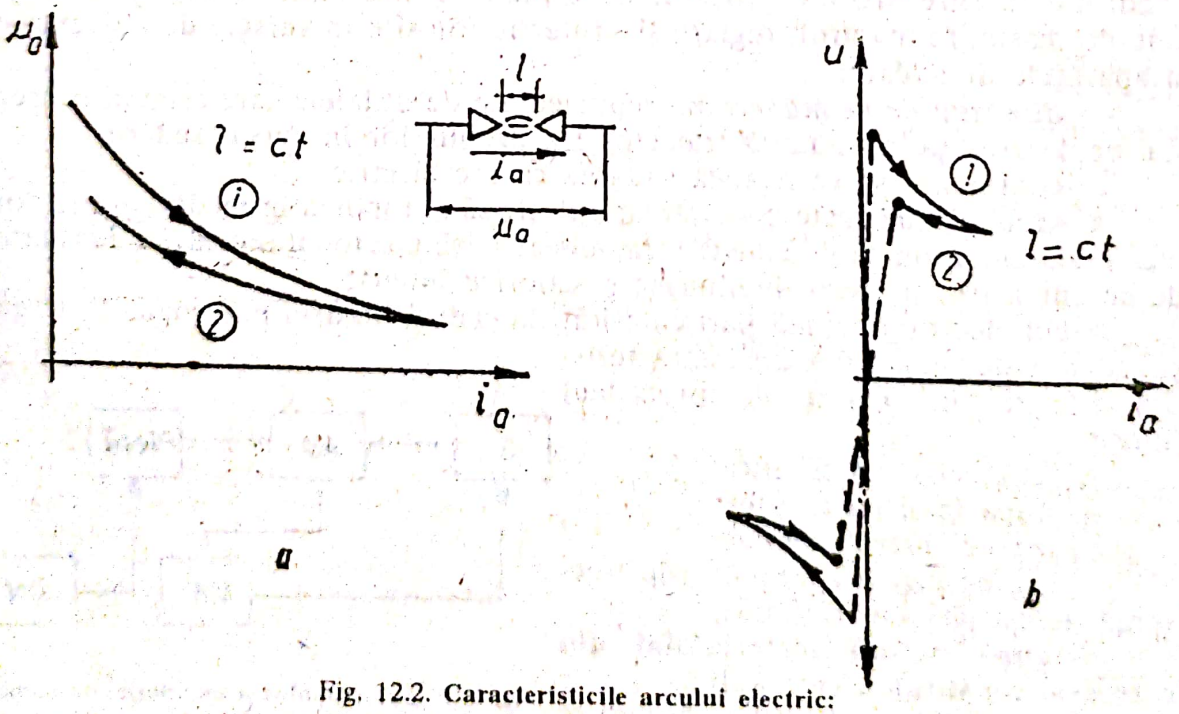


Fig. 12.2. **Caracteristicile arcului electric:**
a — curent continuu; *b* — curent alternativ;
1 — curba $n_a = f(i_a)$ la creşterea curentului; *2* — curba $n_a = f(i_a)$ la descreşterea curentului.

Scanned with OKEN Scanner

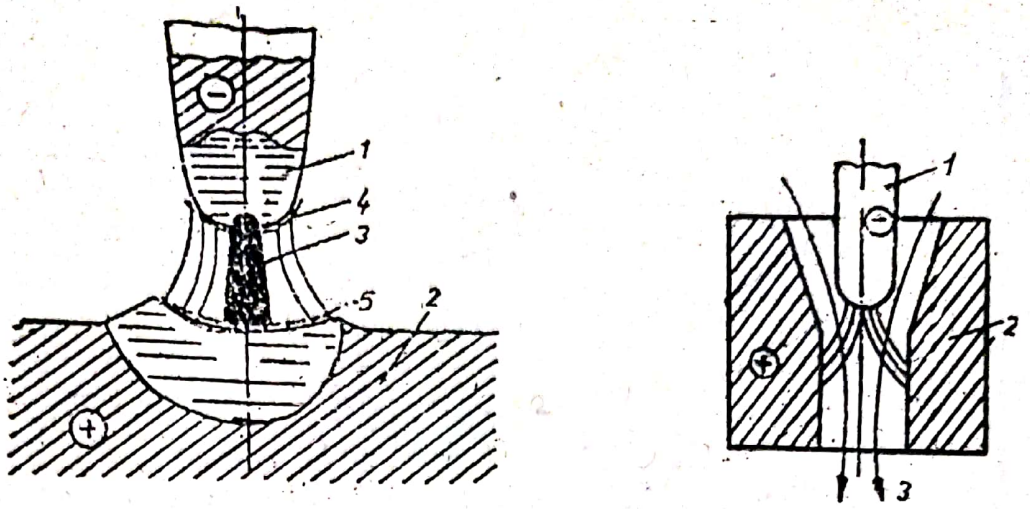


Fig. 12.3. **Tipuri de arc electric:**
a — arcul electric deschis (*1*, *2* — piese de îmbinat; *3* — coloana arcului; *4* — pata catodică; *5* — pata anodică); *b* — arcul electric constrâns (*1* — electrod central; *2* — ajutaj; *3* — gaz protector plasmogen)

electric se numeşte *arc de plasmă* (o ionizare foarte puternică). În figura 12.3 se arată unele tipuri de arc, precum şi zonele descărcării în arc.

Sudarea cu arc electric se poate realiza numai în cazul când sistemul format din arcul electric şi sursa de alimentare* este stabil. Pentru aceasta, sursele de alimentare cu energie electrică trebuie să prezinte caracteristicile $u = f(i)$ având forme ce depind de procedeul de sudare respectiv. Pentru sudarea manuală şi cea cu electrozi nefuzibili, curentul de sudare este menţinut constant printr-o caracteristică a sursei pronunţat căzătoare (*1* sau *2* din figura 12.4). Procedeele care implică topirea sârmelor necesită o tensiune constantă pentru reglarea automată a arcului şi în acest caz este necesară o sursă cu caracteristica rigidă (*3* din figura 12.4). La procedeul cu arc scurt, la care un electrod subţire de sudare se introduce în baia de metal de 50 ori pe secundă, este necesară o caracteristică uşor crescătoare a sursei (*4* din figura 12.4).

În figura 12.5 se indică punctele de funcţionare stabilă a procesului de sudare (punctele *A*, *B*, *C*) corespunzătoare alungirii arcului electric ($l_1 > l_2 > l_3$).

Pentru amorsarea corespunzătoare a arcului este necesar să se menţină o tensiune constantă de mers în gol, chiar şi în domeniul de reglare pentru curenţi de sudare mici.

Ca o regulă generală, trebuie ca unghiul de intersecţie dintre caracteristica

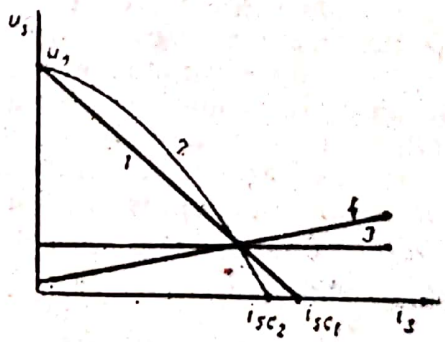


Fig. 12.4. **Caracteristicile exterioare ale surselor:**
1 — coborâtoare liniară; *2* — coborâtoare neliniară; *3* — rigidă; *4* — urcătoare; u_0 — tensiunea de mers în gol a sursei; u_{s1}, u_{c2} — curentul din sursă când electrozii sunt în contact.

* Prin *sursă de alimentare* se va înţelege, în cele ce urmează, ansamblul elementelor care formează partea de circuit conectată între electrozii arcului (bobine, generatoare, rezistenţa conductoarelor de legătură etc.)

Scanned with OKEN Scanner

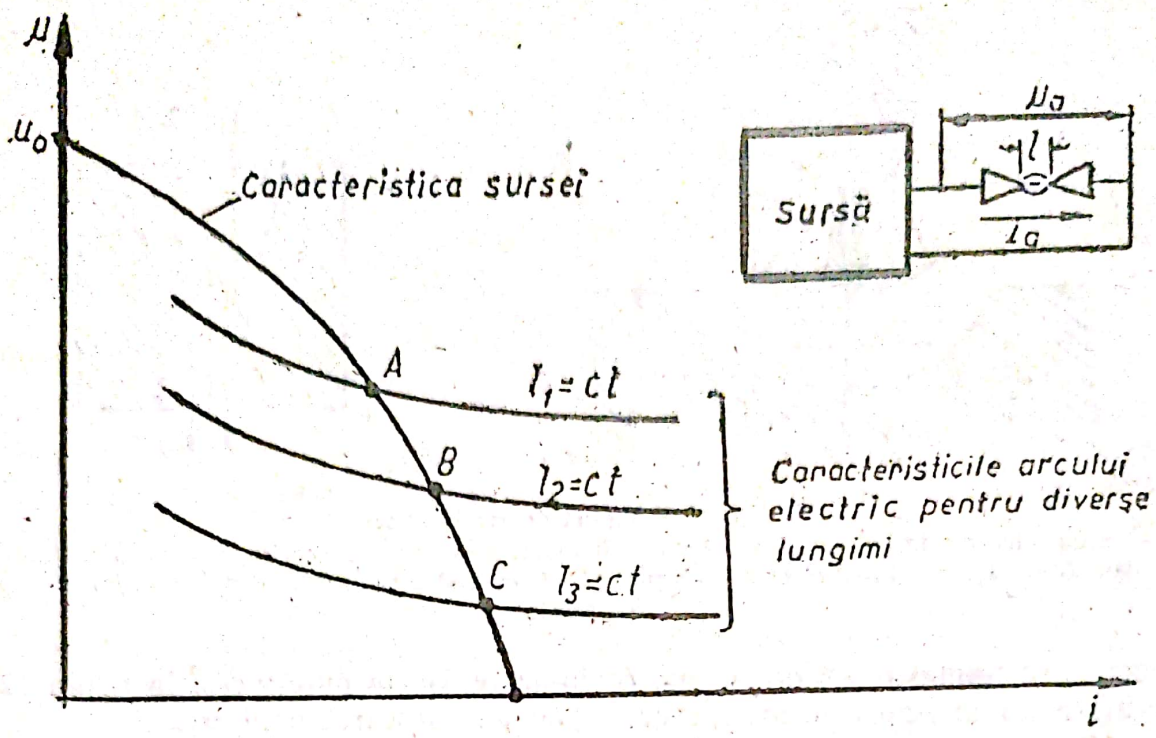


Fig. 12.5. **Stabilitatea sistemului sursă-arc electric.**

sursei şi cea a arcului să fie destul de mare, pentru ca la variaţiile care se produc în lungimea arcului să nu rezulte şocuri mari de curent.

Tensiunea de ardere a arcului electric arc în general valori de 20—40 V. Curentul variază de regulă 5 A (valoare considerată cu limită inferioară pentru un arc stabil, cu electrod nefuzibil de wolfram, în mediu de gaz inert) şi 3 000 A în cazul sudării sub flux cu sârmă groasă. În cazul utilizării de electrozi din sârmă fuzibilă, sudarea cu arc electric în c.c. este cea mai convenabilă; sudarea sub flux, poate fi realizată şi în c.c. şi în c.a.

În cazul sudării aluminiului în mediu de gaz inert, cu electrozi de wolfram, este necesară o sursă de alimentare în c.a., pentru a se asigura îndepărtarea continuă a stratului de oxid. Sudarea manuală este tot mai frecvent realizată în c.a. La sudarea în c.c. alegerea polarităţii prezintă importntă. Electrozii din sârmă şi cei din wolfram se conectează la polul negativ. Electrozii de wolfram se uzează mai repede dacă sunt legaţi la polul pozitiv sau dacă sunt utilizaţi la sudarea de c.a.

2. TIPURI CONSTRUCTIVE DE MAŞINI ŞI APARATE PENTRU SUDAREA CU ARC ELECTRIC

Obţinerea caracteristicilor surselor de alimentare, conform celor indicate în figura 12.4, se face cu ajutorul generatoarelor redresoare în cazul sudării în c.c, şi cu ajutorul transformatoarelor, convertizoarelor, generatoarelor de frecvenţă ridicată etc. în cazul sudării în c.a.

Generatoarele de c.c. sunt folosite cu precădere la sudarea manuală cu curenţi mici, la sudarea metalelor şi aliajelor neferoase, la sudarea automată a pieselor sub 4 mm în atmosferă protectoare.

Redresoarele pentru sudare, deşi mai puţin răspândire, prezintă avantajul de mare randament şi robusteţe faţă de generatoare. Costul, gabaritul şi greutatea redresoarelor sunt mai mici decât al generatoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

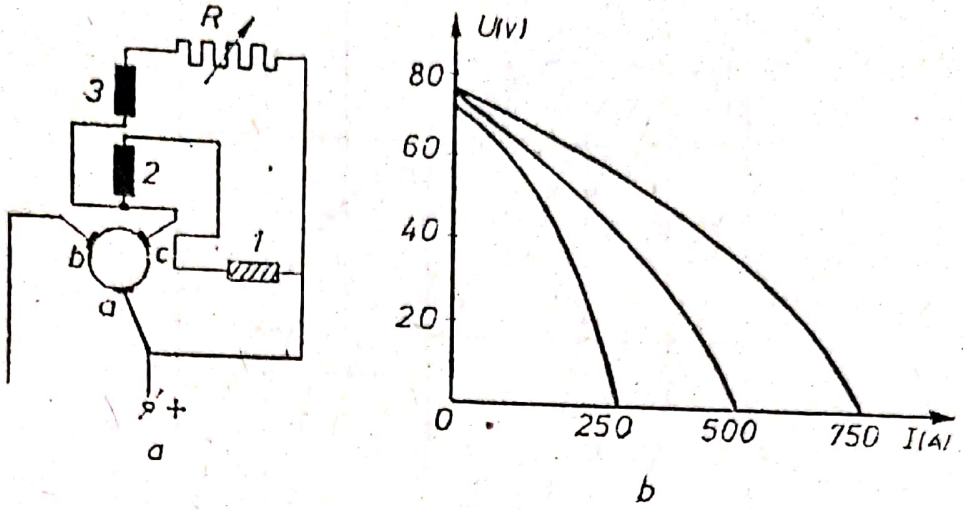


Fig. 12.6. **Generatorul de sudare** *SDS*-350.
a — schema electrică; *b* — caracteristicile externe; *1* — înfăşurarea de excitaţie; *2, 3* — înfăşurări pe polii transversali; *R* — reostatul de excitaţie, *a, b, c* — perii.

Transformatoarele de sudare permit menţinerea stabilă a arcului şi realizarea sudurilor de calitate bună la majoritatea lucrărilor de sudare manuală şi automată a pieselor de oţel cu grosimi peste 2 mm.

În continuare se prezintă câte un exemplu din fiecare tip constructiv menţionat mai sus.

● **Generatorul de sudare în c.c. SDS-*350*.** Este de producţie indigenă, schema electrică şi caracteristicile externe fiind redate în figura 12.6.

Pe polii principali ai generatorului este montată înfăşurarea de excitaţie *1*, iar pe polii transversali se găsesc două înfăşurări *2* şi *3*. Înfăşurările *1* şi *2*, legate în serie, sunt alimentate de la peria principală *a* şi peria auxiliară *c*, culegând tensiunea indusă sub polii principali; înfăşurarea *3*, legată în serie cu reostatul de excitaţie *R*, este alimentată de la aceleaşi perii. Reglarea fină a regimului de sudare se face prin intermediul t.m.m. ale înfăşurării *3*.

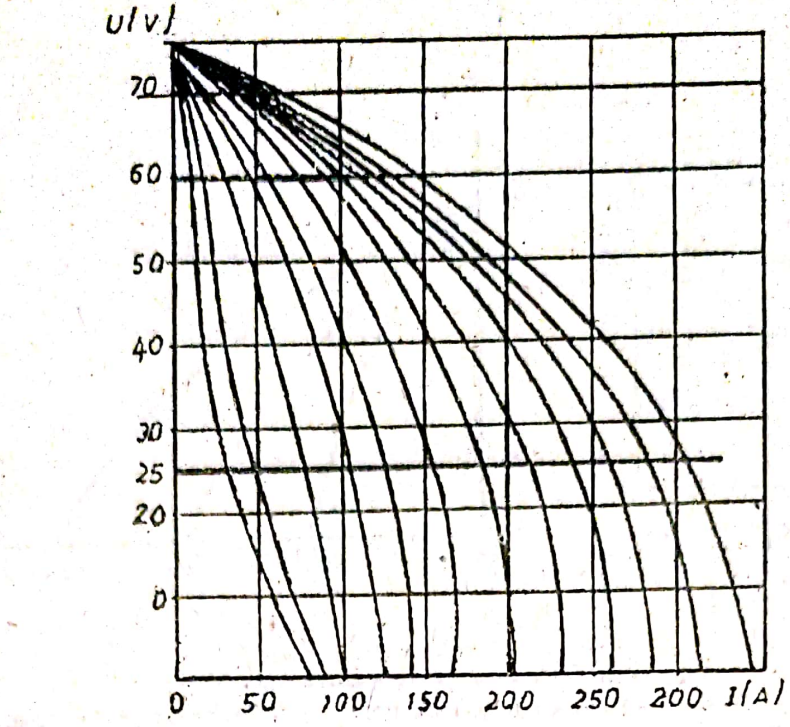
Reglarea brută se realizează prin potrivirea periilor în trei poziţii. Unghiul dintre axele polilor principali şi transversali este de 78°. Maşina posedă şi doi poli de comutaţie. Generatorul este cuplat pe acelaşi arbore cu motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit de 14 kW, cu pornitor stea-triunghi la 220, 380, 500 V, cu o turaţie de 1 450 rot/min.

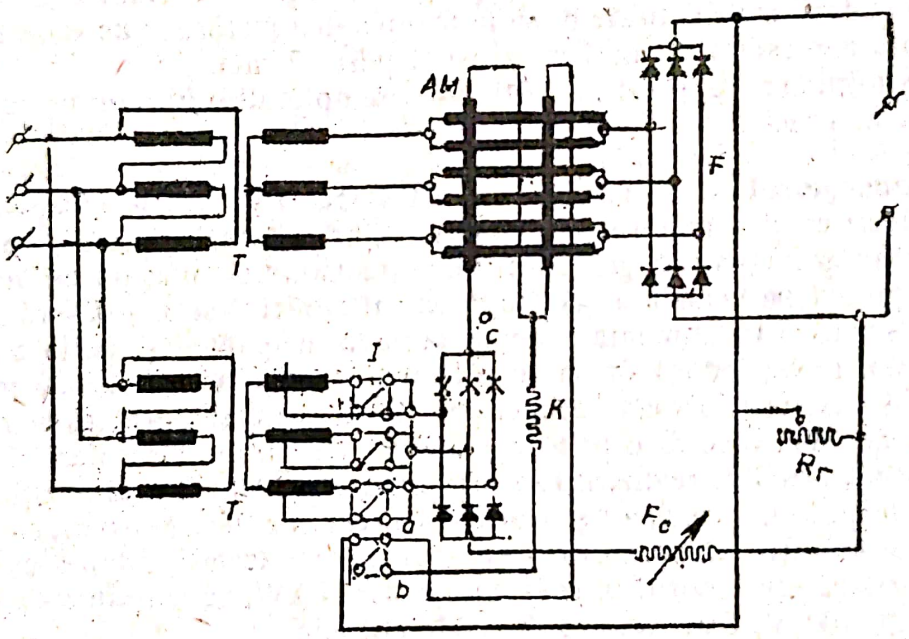
● **Redresorul pentru sudare ICET**, de fabricaţie românească, cu ventile cu siliciu. Schema electrică şi caracteristicile exterioare sunt reprezentate în figura 12.7

Transformatorul de sudare *T* alimentează blocul redresor *P*, prin înfăşurările amplificatorului magnetic *AM*, care are două înfăşurări de comandă. Prin comutatorul *1* cele două înfăşurări, puse în serie, sunt alimentate la o tensiune ce reprezintă suma dintre tensiunea constantă furnizată de grupul $T_1 - P_c$ şi tensiunea arcului electric (poziţia *a*). În poziţia *b* a comutatorului *1* numai una dintre înfăşurările de comandă este alimentată (prin rezistenţa *R*) cu o tensiune redusă, de la grupul $T_1 - P_c$, însumată cu tensiunea arcului.

Modificarea regimului de sudare se face cu R_c, înseriată în circuitul înfăşurării de comandă a amplificatorului magnetic *AM*.

Scanned with OKEN Scanner





b

Fig. 12.7. **Redresorul de sudare** *ICET:*
a — caracteristicile externe; *b* — schema electrică; *T*, T_1 — transformator Δ/Y;
AM — amplificator magnetic; *P*, *P* — punţi redresoare trifazate;
I — comutator; *R*, R_c — rezistenţe; R_r — potenţiometru.

La creşterea distanţei electrod-piesă, tensiunea arcului electric creşte. Tensiunea punţii P_c şi a arcului electric fiind în opoziţie, curentul de comandă scade şi totodată scade şi curentul debitat. Rolul potenţiometrului R_r este de a modifica în mod continuu gradul de premagnetizare a amplificatorului magnetic la mersul în gol, obţinându-se astfel o gamă întreagă de curbe de variaţie a curentului de scurtcircuit.

Scanned with OKEN Scanner

• **Transformatorul de sudaré LIE-4 Bucureşti.** Conceput şi realizat în producţie de serie la Liceul industrial nr. 4 — Bucureşti, el se bucură de o apreciere unanimă din partea beneficiarilor. Schema electrică şi vederea de ansamblu sunt prezentate în figura 12.8. Este alcătuit dintr-un miez magnetic cu tole, cu două coloane, pe care sunt dispuse înfăşurările primare şi secundare (fig. 12.8, *a*).

Reglajul se face prin comutatorul de reglaj, care este de tip cu ploturi şi cu ajutorul căruia se variază numărul de spire din primar. Tensiunea de alimentare este de 220 V c.a., 50 Hz şi se aplică montajul printr-un cordon cu fişă cu contact de producţie.

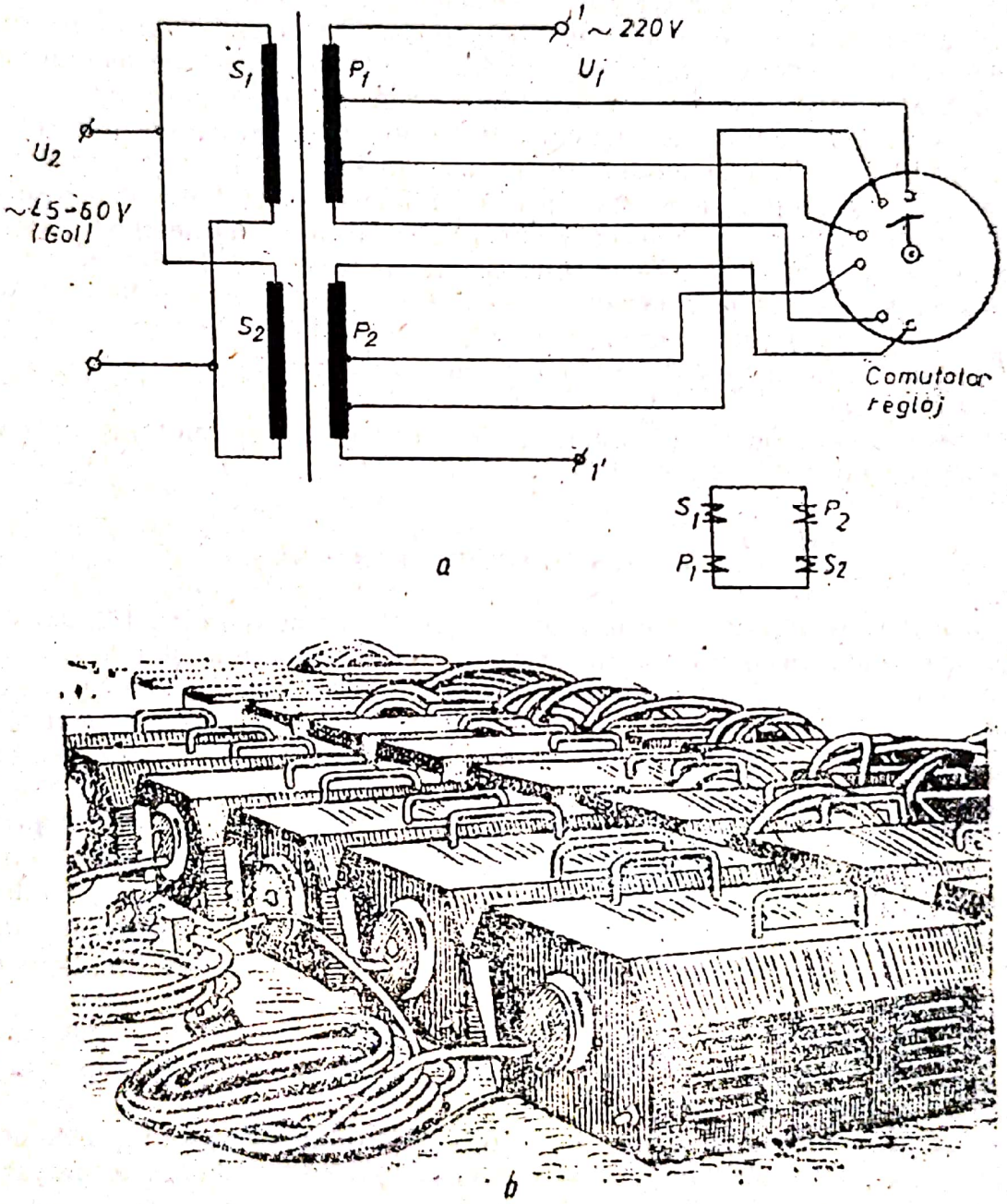


Fig. 12.8. **Transformator de sudare cu arc electric tip** *LIE-4*:
a — schema electrică; *b* — vedere de ansamblu.

Scanned with OKEN Scanner

B. SUDAREA PRIN PUNCTE

1. PROCESUL SUDĂRII

Această metodă este folosită cu precădere la îmbinarea prin suprapunere a tablelor metalice. Tablele suprapuse care urmează a fi sudate sunt strânse între electrozi de cupru dur, sau confecţionaţi dintr-un aliaj de cupru rezistent şi racordaţi la secundarul unui transformator. Se aplică o forţă de compresiune asupra electrozilor, pentru realizarea unui contact bun pentru table. Apoi se închide circuitul primar al transformatorului, care permite, prin efectul Joule-Lenz al curentului secundar ce se stabileşte la locul de contact dintre cele două table, atingerea temperaturii de topire. Temperatura între electrozi şi table se ridică relativ puţin, deoarece căldura este evacuată prin metalul bun conducător al electrozilor şi prin apa care circulă în aceştia.

Reglarea procesului de sudare depinde de tipul utilajului folosit: la maşinile cele mai simple durata ţinerii sub curent este lăsată la aprecierea operatorului; la producţia în masă, pentru obţinerea unei producţii mărite şi a unei calităţi uniforme a sudurii, procesul de sudare este automatizat. Pentru întreruperea automată se folosesc următoarele criterii:

— timpul de sudare constant;
— timpul constant la curent constant;
— energia sau puterea constantă în timp constant;
— temperatura.

Aceste criterii determină tipul dispozitivelor de reglaj (motoraş sincron cu arbore cu ramă, sisteme electronice etc.).

2. INSTALAŢII PENTRU SUDAREA PRIN PUNCTE

În majoritatea cazurilor este folosit curentul alternativ de 50 Hz, dat de secundarul unui transformator monofazat, care face parte din maşini de sudare.

În funcţie de secţiunile tablelor, intensităţile de curent pot ajunge până la 100 000 A. La maşinile mici, primarul transformatorului este alimentat din reţeaua de distribuţie de joasă tensiune. La cele mari, alimentarea se face de la reţeaua de înaltă tensiune, sau de la un grup electrogen.

Indiferent de tipul realizat, partea electrică a unei maşini de sudare prin puncte cuprinde în principiu următoarele elemente: transformatorul, bobina de reactanţă pentru reducerea şocului de curent în reţea şi reglarea curentului din circuitul secundar, electrozii şi legăturile dintre ele şi bornele secundare ale transformatorului, comutatorul de legături, întreruptorul primar şi dispozitivul de automatizare.

Reglarea curentului se face cu ajutorul unor fişe sau al unui comutator de legături de tipul unui controler, ale cărui degete sunt racordate la prize. Reglarea nu se face sub curent.

Circuitul primar se închide şi se deschide printr-un întreruptor de comandă unipolar cu contacte masive de cupru, acţionat printr-o pedală sau, pe cale electrică, printr-un buton de comandă.

La maşinile automate se folosesc contactoare cu bobine de acţionare sau ignitroane combinate cú tiratroane.

Scanned with OKEN Scanner

C. ELECTROLIZA

Cele mai importante **aplicaţii industriale ale electrolizei** sunt:

— extragerea metalelor (zinc, cupru, cadmiu) prin electroliza soluţiilor apoase;

— extragerea unor metale (aluminiu, magneziu, sodiu) prin electroliza sărurilor topite;

— rafinarea unor metale (cuprul, argintul, aurul etc.);

— electroliza dispersă a metalelor, în scopul preparării pulberilor metalice;

— fabricarea produselor de oxidare şi reducere (oxid persulfuric, perborat de sodiu, percarbonaţi etc.);

— electroliza clorurilor alcaline.

Într-un proces industrial de electroliză, sub acţiunea curentului electric ce străbate electrolitul, se pot produce următoarele fenomene principale:

— separarea metalelor din sărurile lor;

— reducerea spre catod;

— oxidarea spre anod.

După rezultatul care se urmăreşte, se iau măsuri pentru evitarea altor fenomene care apar (reacţii secundare fie în electrolit, fie între electrolit şi electrozi, fie între produsele obţinute la cei doi electrozi şi care trebuie definite pentru fiecare caz în parte).

• **Fenomenul de electroliză*** se bazează pe legea lui *Faraday:*

$$m = \frac{A \int_0^t I \, dt}{Fn} = \frac{A}{Fn} Q. \qquad (12.1)$$

în care:

m este masa substanţei pe electrod, în g;
Q — cantitatea de electricitate, în C;
I — intensitatea curentului electric, în A;
t — timpul în s;
n — valenţa produsului depus;
A — masa atomică a produsului;
F — constanta lui *Faraday,* egală cu 96 490 C/echivalent-gram.

Notând:

U_1 — tensiunea de descompunere a electrolitului, în V;
U_2 — căderea de tensiune în electrozi şi în contacte, în V;
U_3 — căderea de tensiune în electrolit, în V;
U_4 — căderea de tensiune pe diafragmă, în V;

este necesară, pentru desfăşurarea procesului de electroliză, o tensiune aplicată în V:

$$U \geq U_1 + U_2 + U_3 + U_4. \qquad (12.2)$$

Pentru a mări conductivitatea electrică a electrolitului, i se ridică temperatura şi i se măreşte concentraţia. Pentru valorile optime ale

---

* Fenomenul fizic al *electrolizei,* precum şi denumirile elementelor folosite în electroliză (electrod, electrolit, baie etc.) sunt cunoscute de la disciplinele „Fizică" şi „Chimie".

Scanned with OKEN Scanner

temperaturii distanţei dintre electrozi, şi densităţii de curent, fenomenele secundare sunt minime, iar eficienţa economică a instalaţiei creşte. Măsurarea ei se face prin: *randamentul în funcţie de curent* η_c şi *randamentul energetic* η_E, definite astfel:

$$\eta_c = \frac{p}{m}; \quad \eta_E = \frac{W_t}{W_r}, \tag{12.3}$$

în care:

p este cantitatea reală de substanţă separată, în g;

m — cantitatea teoretică de substanţă, rezultată din legea lui *Faraday*, pentru un anumit curent I, într-un interval de timp t;

W_t — energia electrică teoretică (în cazul în care $\eta_E = 100\%$ şi tensiunea U este egală cu U_1);

W_r — energia electrică reală absorbită în procesul electrolizei.

• **Principalele elemente componente folosite în electroliză** sunt:

— băile din oţel sau material ceramic, căptuşit cu plumb, cauciuc, lac sau email, în funcţie de compoziţia chimică a substanţei;

— **sursele de curent continuu,** constituite din redresoare cu seleniu, germaniu, siliciu şi amplasate în încăperi separate pentru a fi ferite de acţiunea vaporilor coroizi;

— **electrolizoarele cu diafragmă** (perete poros), folosite atunci când produsul obţinut la un electrod trebuie ferit de acţiunea produselor obţinute la celălalt electrod.

Încălzirea electrolitului se face cu abur, sau electric prin rezistoare. Reţeaua de curent continuu se execută din bare de cupru neizolate, montate pe izolatoare fixate pe console prinse de pereţi sau suspendate pe tavan. Pentru curenţi până la 200 A, barele de cupru se pot înlocui cu unele de oţel.

• În continuare se prezintă, ca exemplu de electroliză, **obţinerea aluminiului din alumină, dizolvată în criolită topită.**

Procesul are loc într-un electrolizor a cărui schemă este redată în figura 12.9. Cuva, căptuşită cu blocuri de cărbune, este alimentată în c.c. prin intermediul unor bare metalice. La partea inferioară se găseşte catodul, iar la partea superioară se găsesc anozii (din cărbune). Curentul continuu trece prin electrolit, pe care-l menţine în stare topită şi descompune electrolitic alumina. Pe vatra cuvei se adună aluminiul. La anozi se degajă oxigen, care oxidează anozii. Pe măsură ce aceştia se consumă, ei sunt coborâţi. Procesul electrochimic este următorul:

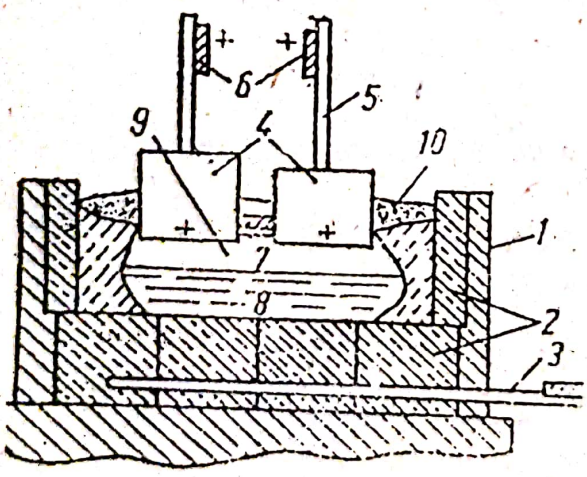


Fig. 12.9. **Schema unei băi electrolitice pentru obţinerea aluminiului:** *1* — manta metalică; *2* — plăci din cărbune; *3* — bare de oţel; *4* — anozi de cărbune; *5* — bare metalice; *6* — conductă electrică; *7* — electrolit topit; *8* — aluminiu; *9* — crustă solidă; *10* — alumină.

Criolita topită (Na_3AlF_6) sub acţiunea curentului se descompune:

$$Na_3AlF_6 \longrightarrow 3Na^+ + AlF_6^-. \tag{12.4}$$

Alumina dizolvată în criolită topită se descompune:

$$Al_2O_3 \longrightarrow Al^+ + AlO_3^-. \tag{12.5}$$

Scanned with OKEN Scanner

La catod sosesc ionii de aluminiu şi sodiu, iar la anod cei de AlF_6 şi AlO_3. Aici are loc următoarea reacţie:

$$4AlO_3 \rightarrow 2AL_2O_3 + 3O_2 \quad (12.6)$$

Oxigenul reacţionează cu carbonul de la anod, formând un amestec de CO şi CO_2 ce se degajă.

Prin urmare, procedeul electrolizei constă în obţinerea aluminiului şi consumarea aluminei (Al_2O_3).

Alumina se introduce în baie în măsura în care se consumă.

Dacă procentul de alumină scade sub 1%, în masa de criolit apare fenomenul denumit *efect anodic,* care se manifestă prin:

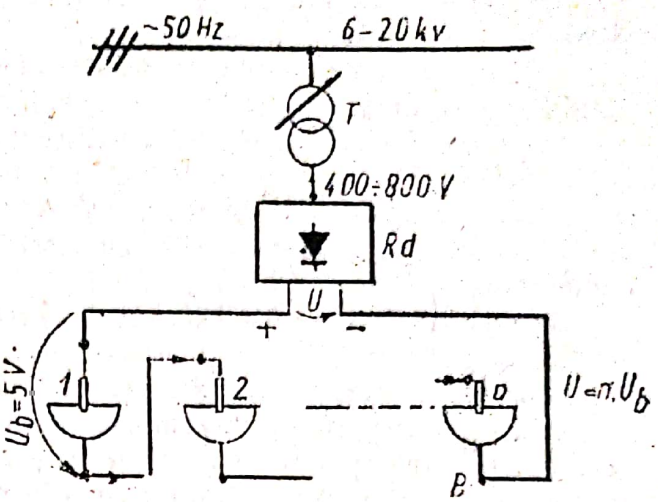


Fig. 12.10. **Schema electrică de legare a băilor de electroliză a aluminiului:**
T — transformator trifazat coborâtor; *R* — redresor în punte trifazată; *N* — băi de electroliză.

— creşterea tensiunii electrice a băii de la 4—4,3 V la 20 – 30 V;
— apariţia unor arcuri electrice la suprafaţa anodului;
— încălzirea rapidă a electrolitului.

Asupra instalaţiei electrice de alimentare efectul anodic are influenţe nefaste, deoarece creşte consumul de energie electrică şi se produc perturbaţii în funcţionarea surselor de curent continuu (se admite practic o dată la 24 ore).

Băile de electroliză se înseriază în grupe, socotindu-se o tensiune medie de 5V pe element. Rezultă numărul de băi înseriate: $n = \frac{U_{redresor}}{5}$ (v. fig. 12.10).

Intensităţile curentului electric din băile moderne variază între 10 000—100 000 A. Indicele de consum de energie electrică este de 13 000—15 000 kWh/t Al.

D. GALVANOTEHNICA

Procesul depunerii metalelor pe cale electrolitică pe suprafaţa unui alt metal sau unui alt corp metalic sau nemetalic se numeşte **galvanotehnică.** Dacă depunerea se face pe un alt metal, în scopul acoperirii lui metalice, operaţia se numeşte **galvanostegie.**

Dacă depunerea se face pe un alt corp metalic sau nemetalic în scopul reproducerii formei acestuia, operaţia se numeşte **galvanoplastie.**

1. GALVANOSTEGIA

— În atelierele de acoperiri metalice, **metalele folosite pentru acoperire** depind de scopul în care se execută operaţia:

— *acoperiri de protecţie:* cu zinc, cadmiu, staniu; acoperirea pieselor de aluminiu cu o peliculă de oxid, se numeşte *eloxare;*

— *acoperiri de protecţie şi decorative:* cu cupru, nichel, cobalt, argint, aur şi sodiu;

— *acoperiri pentru mărirea rezistenţei la uzura mecanică şi pentru mărirea durităţii superficiale:* cu crom, fier, nichel;

— *acoperiri pentru restabilirea dimensiunilor iniţiale ale pieselor uzate:* cu crom, fier, cupru;

— *acoperiri pentru scopuri speciale:* cu argint, sodiu, crom pentru obţinerea unei suprafeţe reflectante, sau cu argint, cupru, staniu pentru ridicarea conductibilităţii electrice a suprafeţei.

• **Operaţiile care se execută în atelierele de acoperiri metalice** sunt: *operaţii pregătitoare, acoperirile propriu-zise şi operaţiile de finisare.*

Operaţiile pregătitoare constau în curăţirea pieselor prin spălare într-un curent de apă, prin degresare chimică, prin decapare etc. În cazul eloxării este necesar ca, după spălarea cu apă rece, piesele să fie degresate timp de circa 30 minute în apă fierbinte sau de circa 2 minute prin cufundare în rezervoare umplute cu tricloretilen în stare gazoasă.

Operaţiile de acoperire propriu-zise se execută în băi electrolitice, manual sau mecanizat. În cazul instalaţiilor mecanizate, piesele sunt suspendate cu suporţi izolanţi de un transportor sau de un lanţ cu ajutorul căruia ele trec succesiv, cu o viteză potrivită, prin toate băile.

Operaţiile de finisare se execută prin polizare sau şlefuire mecanică.

• **Elemente componente ale instalaţiei de galvanostegie.**

Electrolitul folosit în galvanostegie este complex, conţinând de la caz la caz:

— o combinaţie a metalului (sare simplă sau complexă), care furnizează ionii ce urmează să fie depuşi la catod;

— o substanţă care să permită dizolvarea anodului şi să împiedice trecerea lui în stare pasivă;

— o substanţă care să fixeze soluţia la un anumit pH, dacă este necesar;

— adaosuri care să influenţeze structura depozitului catodic în sensul dorit (substanţe coloidale, agenţi de luciu etc.).

Anozii sunt de obicei solubili. Ei trebuie să fie cât mai puri şi să prezinte o structură care să ducă la cât mai puţin nămol anodic.

Utilajul principal al galvanostegiei îl constituie **baia de degresare şi acoperire.** Corpul băii din oţel sau material ceramic, căptuşit cu plumb, cauciuc, lac sau email în funcţie de compoziţia chimică a soluţiei. Încălzirea electrolitului se face cu abur sau electric, folosind rezistoare. Pentru a uniformiza stratul de acoperire, electrolitul este agitat prin suflare cu aer comprimat.

Barele de alimentare ale catozilor şi anozilor sunt din cupru, montate pe izolatoare de porţelan. Piesele care se acoperă se suspendă prin suporţi metalici de barele catozilor. De barele anozilor se suspendă plăci din materialul cu care se face acoperirea, sau piesele de aluminiu în cazul eloxării.

Pentru acoperirea metalică a unor piese mici (şuruburi, garnituri etc.) se folosesc băi rotative sau tambure în care piesele se rostogolesc continuu, cu o viteză de rotaţie de 10—30 rot/min. Antrenarea se face cu un motor asincron trifazat de 0,4—0,8 kW, 1 000 rot/min.

Băile sunt alimentate în c.c. la tensiuni de 2—12 V, cu intensităţi mari ale curentului (50—1 000 A). Reglarea curentului se face la fiecare baie prin reostate, iar reglarea tensiunii de la ploturile transformatorului coborâtor. În figura 12.11 se indică echipamentul electric al băilor de galvanostegie.

Scanned with OKEN Scanner

Procesul de galvanoplastie comportă următoarele faze:

— formarea tiparului sau a matriţei;

— crearea unui strat bun conducător de electricitate pe suprafaţa tiparului nemetalic sau a unui strat separator care să uşureze desprinderea, dacă tiparul este din metal;

— obţinerea galvanică a copiei metalice;

— separarea copiei de matriţă şi finisarea ulterioară mecanică sau chimică a copiei, dacă este necesar.

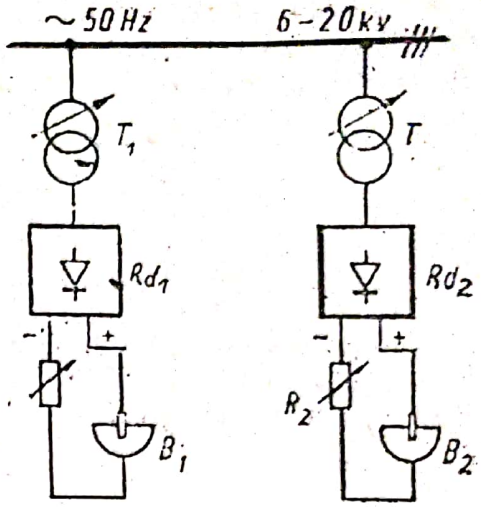


Fig. 12.11. **Schema electrică a legării băilor de galvanostegie:**
T_1, T_2 — transformàtoare trifazate coborâtoare:
Rd_1, Rd_2 — redresoare; R_1, R_2 — reostate
B_1, B_2 — băi.

Pentru copierea piselor şi obiectelor se utilizează amestecuri uşor fuzibile (ipsos, amestecuri de ceară, parafină sau materiale plastice). Suprafaţa matriţelor nemetalice poate deveni bună conducătoare de electricitate prin mai multe metode:

— prin grafitare;

— prin depunerea unui strat metalic pe cale chimică (de exemplu prin reducerea unei soluţii amoniacale de argint sau sulfat de hidrazină);

— prin pulverizare catodică sub vid;

— prin vaporizare termică sub vid.

Matriţa astfel pregătită se spală cu alcool, pentru a nu reţine bulele de aer, apoi se suspendă în baie, legându-se la polul negativ.

Pentru obţinerea copiei se utilizează băi de cuprare acidă, sau uneori băi de nichelare.

Matriţa primeşte două straturi de depuneri: primul strat de circa 10μm se depune într-o baie slab acidă, cu o densitate de curent de 50 A/m^2; al doilea strat, de îngroşare, se depune cu o densitate de 5 000 A/m^2.

Instalaţia electrică este analoagă celei din galvanostegie, valorile curenţilor fiind însă mai mici.

E. ÎNCĂLZIREA ELECTRICĂ

Încălzirea electrică este folosită mai ales pentru:

— **topire**, procedeu prin care corpurile se transformă din starea solidă în starea lichidă. Astfel, se topesc minereurile pentru a obţine metale, se topesc diferite metale pentru a obţine aliaje etc.;

— **uscare**, procedeu prin care se elimină umiditatea (excesivă sau totală) din corpuri. Astfel se usucă unele produse textile, ceramice, agroalimentare din lemn, din piele, produse cosmetice etc.;

— **încălzire**, procedeu prin care corpurile se aduc la temperatura dorită pentru realizarea unor tratamente termice, termo-chimice, sau pentru pregătirea corpurilor de a intra într-un proces tehnologic (încălzirea băilor pentru tratamente termice, încălzirea corpurilor solide care urmează a fi supuse la tratamente termice, urmează a fi laminate, trefilate etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Utilajele în care are loc încălzirea electrică a corpurilor (fie pentru topire, fie pentru uscare) se numesc **cuptoare electrice.** Principalele tipuri de cuptoare electrice sunt: *cu rezistenţe, cu inducţie, cu arc electric* şi *cu radiaţii infraroşii.*

1. CUPTOARE ELECTRICE CU REZISTENŢE

a. Generalităţi

Aceste cuptoare se bazează pe efectul termic al trecerii curentului electric printr-o rezistenţă. Astfel, la trecerea unui curent electric I printr-o rezistenţă R se degajă în timpul t cantitatea de căldură:

$$Q = RI^2t. \tag{12.7}$$

Această cantitate de căldură poate fi transmisă:

— **prin conducţie,** atunci când rezistenţa se află în contact direct cu corpul de încălzit. Astfel se încălzesc băile lichide pentru realizarea unor tratamente termochimice. Rezistenţele electrice se montează în baie fiind în contact direct cu lichidul ce trebuie încălzit. În unele cazuri rezistenţa electrică o constituie chiar lichidul băii de tratare (o sare, sau amestecuri de săruri);

— **prin convecţie,** atunci când cantitatea de căldură este preluată de un gaz (de regulă aer) şi apoi cedată corpului ce trebuie încălzit. Circulaţia aerului cald poate fi naturală sau forţată (prin utilizarea unui ventilator de suflare a aerului). În acest mod se realizează uscarea corpurilor la temperaturi joase;

— **prin radiaţie,** atunci când cantitatea de căldură dezvoltată de rezistenţele electrice, aflate la temepratură foarte mare, este radiată direct asupra corpurilor ce trebuie încălzite. În acest mod se realizează încălzirea pieselor ceramice, metalice prin forjare, laminare sau care urmează să fie supuse unor tratamente termice.

b. Tipuri constructive

Cuptoarele electrice cu rezistenţe se execută într-o gamă foarte variată de tipuri ce diferă prin tipul de rezistenţă utilizată, modul de transmitere a căldurii de la rezistenţe la corpuri, forma constructivă, temperatura din cuptor, natura materialelor ce se introduc în acesta etc. Pentru a exemplifica funcţionarea de principiu a cuptoarelor electrice cu rezistenţe se vor descrie în continuare câteva tipuri mai importante.

• **Cuptoare electrice cu rezistenţe pentru temperaturi joase.** În această categorie intră cuptoarele de uscare în care temperatura nu depăşeşte 600—700°C. Transmisia căldurii se face de regulă prin convecţia naturală sau forţată a aerului din cuptor.

În figura 12.12 este prezentat un **cuptor în care uscarea are loc prin convecţia naturală.** Cuptorul este format dintr-o cutie internă *1* căptuşită la exterior, cu un material refractar *2* pentru a o izola cât mai bine de mediul încăperii. În interiorul cutiei interne se montează un stelaj metalic *3* pe care se aşază piesele *4* ce trebuie uscate. Stelajul metalic este astfel executat, încât aerul poate circula cu uşurinţă în jurul pieselor. Rezistenţele electrice *5* sunt montate pe pereţii laterali şi pe podeaua cutiei interne a cuptorului. Rezistenţele se execută din sârmă din crom-nichel-fier, aşezată în spirală pe

Scanned with OKEN Scanner

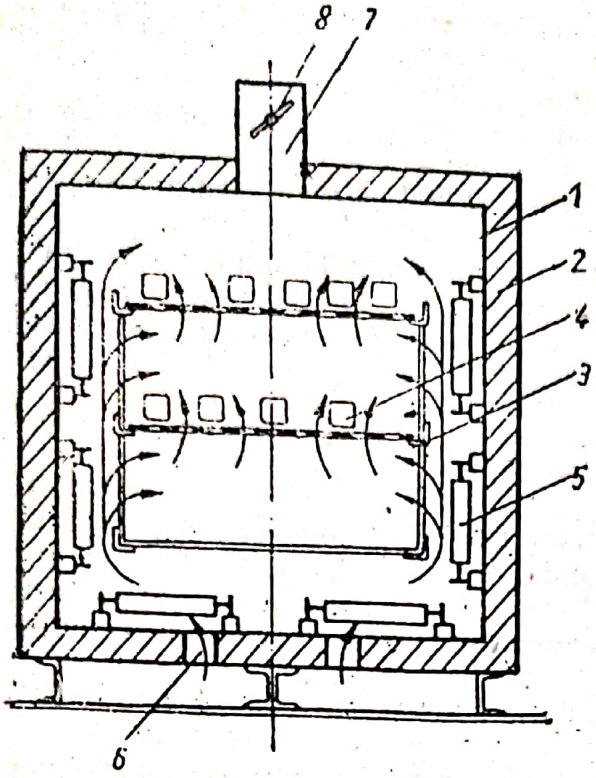


Fig. 12.12 **Schiţa unui cuptor de uscare pentru temperaturi joase.**

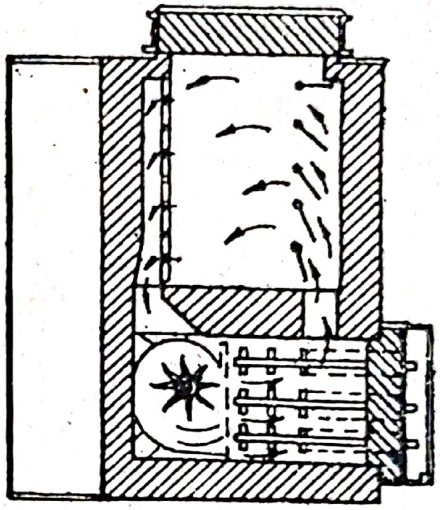


Fig. 12.13 **Schiţa unui cuptor de uscare cu ventilator.**

un cilindru ceramic. Prinderea acestora de peretele cuptorului se face prin intermediul unor piese izolatoare din ceramică. Cuptorul este prevăzut la partea inferioară cu goluri *6* pentru accesul aerului, iar la partea superioară cu un coş *7* pentru evacuarea aerului şi a vaporilor de apă. Coşul poate fi prevăzut cu o clapetă *8*, a cărei poziţie se poate regla pentru a modifica debitul de aer ce intră în cuptor. Aerul pătrunde pe la partea inferioară a cuptorului, prin golurile 6. Datorită căldurii degajate de rezistenţele electrice, aerul se încălzeşte şi se ridică la partea superioară. Săgeţile din figura 12.12 indică traseul pe care circulă aerul în cuptor. În drumul său ascendent, aerul cald preia de la corpurile aşezate pe stelaje cantitatea de umiditate aflată în exces, uscându-le. Astfel de cuptoare sunt utilizate la uscatul pieselor pe care s-au depus lacuri sau vopsele, la uscatul corpurilor cu exces de umiditate, sau la încălzirea pieselor din oţel sau din alte materiale ce urmează să fie supuse la diferite tratamente termice.

În figura 12.13 este prezentat un **cuptor de uscare cu rezistenţe în care circulaţia aerului se face cu ajutorul unui ventilator.** Aerul este aspirat de la partea inferioară a cuptorului şi refulat pe la partea superioară. Înainte de a pătrunde în cavitatea în care se află piesele pentru uscare, aerul este trecut peste un grup de rezistenţe care îi ridică temperatura până la 100—200°C în funcţie de necesităţi.

• **Cuptoare electrice cu rezistenţe pentru temperaturi înalte.** În aceste cuptoare se pot realiza temperaturi între 600 şi 1 500°C în funcţie de destinaţia lor:

— pentru uscarea şi coacerea materialelor ceramice: 1 500°C;
— pentru călirea oţelului obişnuit: 750—800°C;
— pentru călirea oţelului aliat: 1 000°C etc.

Scanned with OKEN Scanner

În principiu aceste cuptoare sunt asemănătoare cu cele pentru temperaturi joase cu următoarele deosebiri:

— rezistenţele electrice se execută din:

— sârmă sau benzi din oţeluri aliate cu crom şi nichel pentru temperaturi de 600—1 000°C;

— bastonaşe din silită (carbură de siliciu) pentru temperaturi de 1 000—1 300°C;

— căptuşeala se execută din materiale rezistente la temperaturi înalte (materiale refractare) şi are grosime mai mare;

— nu se utilizează ventilatorul pentru antrenarea aerului, deoarece transmiterea căldurii se face prin radiaţie.

c. Reglarea temperaturii

Cuptoarele cu rezistenţe electrice prezintă avantajul deosebit al posibilităţii reglării temperaturii în timpul funcţionării. Reglarea temperaturii se reduce la reglarea puterii electrice absorbite de cuptor, în aşa fel încât valoarea acesteia să corespundă unei temperaturi prescrise. Pentru aceasta se pot folosi următoarele procedee:

— *conectarea şi deconectarea periodică a rezistenţelor electrice la sursa de alimentare;*

— *modificarea conexiunilor rezistenţelor în funcţie de temperatura din cuptor şi temperatura prescrisă;*

— *modificarea continuă a tensiunii de alimentare a rezistenţelor în funcţie de temperatura din cuptor.*

În figura 12.14 este prezentată o **schemă electrică de principiu a reglării temperaturii din cuptor prin conectare şi deconectare periodică a rezistenţelor electrice.** Prin apăsarea pe butonul b_1 circuitul bobinei contactorului C este

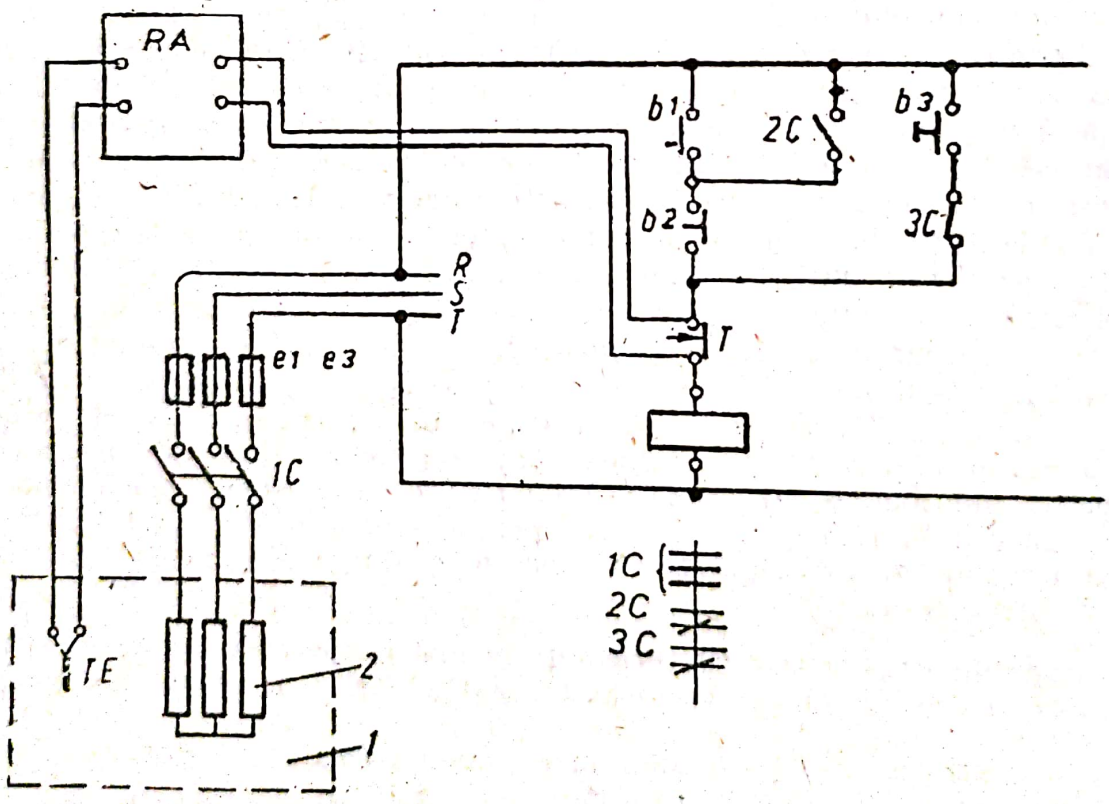


Fig. 12.14. Schema electrică de principiu a funcţionării unui cuptor cu rezistenţe.

pus sub tensiune. Acesta închide contactele principale *1C* care pun sub tensiune rezistenţele electrice 2 din cuptorul *1*, închide contactul secundar *ND-2C* care realizează automenţinerea bobinei contactorului şi desface contactul secundar *NI-3C* ce are rol în repunerea automată sub tensiune. După aceea se apasă pe butonul cu revenire manuală b_3 ce rămâne în poziţia închis.

Rezistenţele electrice încălzesc cuptorul, ridicând temperatura în interiorul acestuia. La atingerea limitei superioare a temperaturii, termocuplul *TE* (plasat în cuptor) prin intermediul regulatorului automat *RA* desface contactul *NÎ-T* din circuitul bobinei contactorului *C*. Astfel, *1C* şi *2C* se desfac şi rezistenţele electrice sunt deconectate. Cuptorul se răceşte până la o temperatură la care regulatorul automat *RA* reînchide contactorul *T*. Se închide circuitul contactorului *C* prin intermediul butonului b_3 şi contactelor *NI-3C* şi *T*. Contactorul C reface circuitele anterioare, realizând atât reconectarea rezistenţelor la reţea, cât şi automenţinerea. Când se doreşte întreruperea alimentării cu energie electrică a cuptorului, se apasă în ordine pe butoanele b_3 şi b_2.

d. Calculul rezistenţelor electrice

Calculul rezistenţelor electrice constă în determinarea dimensiunilor sârmei (sau benzii) din care se confecţionează acestea. Pentru aceasta se cunosc următoarele date:

P — puterea rezistenţelor, în W;
U — tensiunea la bornele rezistenţelor, în V;
r — rezistivitatea materialului ales pentru confecţionarea rezistenţelor la temperatura de utilizare, în $\Omega mm^2/m$;
p — încărcarea calorică admisibilă a materialului la temperatura de utilizare, în W/cm^2.

Valorile lui ρ şi p se aleg din tabelele cu principalele caracteristici ale materialelor din care se confecţionează rezistenţele electrice.

Dacă se notează cu d diametrul sârmei din care se confecţionează rezistenţa (în mm), cu l lungimea desfăşurată a acesteia (în mm) şi cu η randamentul transformării energiei electrice în căldură, se poate scrie relaţia:

$$P = 0{,}45p \cdot \pi dl \cdot 10^{-2} = \eta \left(\frac{P}{U}\right)^2 \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}} \cdot 10^{-3}. \qquad (12.8)$$

Această relaţie exprimă egalitatea dintre căldura radiată de rezistenţa electrică şi energia electrică transformată în căldură în aceeaşi unitate de timp. În relaţia de mai sus mărimile se introduc având unităţile de măsură indicate. Coeficientul 0,45 din relaţie indică că numai 45% din suparafaţa laterală (πdl) a sârmei rezistenţei participă la radiaţia electrică (restul suprafeţei este ecranat de suportul ceramic). Rezultă formula practică de calcul a diametrului sârmei pentru confecţionarea rezistenţei:

$$d = 0{,}30 \sqrt{\eta \frac{\rho}{P} \frac{P^2}{U^2}}. \qquad (12.9)$$

unde pentru randamentul η se poate alege valoarea 0,8.

2. CUPTOARE ELECTRICE CU INDUCŢIE

Principiul de funcţionare a acestor cuptoare se bazează pe fenomenul de inducţie electromagnetică. Astfel, cuptorul electric cu inducţie este asemănător cu un transformator care funcţionează în scurtcircuit. Înfăşurarea care

Scanned with OKEN Scanner

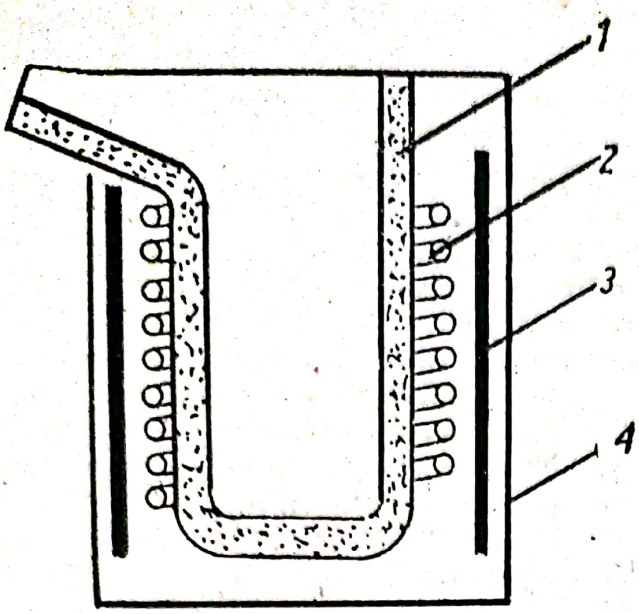


Fig. 12.15. **Schiţa de principiu a unui cuptor cu inducţie fără miez.**

corespunde primarului este alimentată de la o reţea de curent alternativ (de joasă sau înaltă frecvenţă). Înfăşurarea care corespunde secundarului este înlocuită de metalul care se încălzeşte sau se topeşte.

Se cunosc două tipuri principale de cuptoare cu inducţie pentru topit metale:

— *cuptoare fără miez magnetic;*

— *cuptoare cu miez magnetic.*

• **Cuptoarele fără miez magnetic** au ca părţi principale (fig. 12.15):

— un creuzet de formă cilindrică *1*, executat din material refractar în care se introduce metalul pentru topit;

— bobina inductoare *1*, alimentată cu curent electric alternativ monofazat şi de frecvenţă adaptată la mărimea cuptorului;

— ecranul magnetic *3*, executat din tablă silicioasă (tablă de transformator) cu rolul de a închide prin exterior fluxul magnetic al bobinei inductoare şi de a evita încălzirea părţilor metalice din elementele de susţinere ale cuptorului;

— elementele de susţinere *4* ale cuptorului. Acestea asigură asamblarea părţilor de mai sus într-un tot unitar, fixarea cuptorului pe elementele de sprijin şi basculareа uşoară a acestuia, pentru evacuarea matalului topit.

Bobina inductoare se execută din conductor de cupru sub formă de ţeavă. În figura 12.16 sunt arătate câteva secţiuni prin diferite tipuri de astfel de conductoare. Golul prin conductoare este necesar pentru circulaţia apei care are rolul de a prelua:

— cantitatea de căldură dezvoltată în bobină prin parcurgerea acesteia de către curentul electric;

— o parte din cantitatea de căldură ce este transmisă bobinei de metalul topit prin intermediul căptuşelii.

Dacă această căldură nu ar fi evacuată, ar produce supraîncălzirea bobinei inductoare, care ar avea ca efect distrugerea acesteia. Aceste cuptoare au randamente foarte bune şi sunt utilizate pentru topirea atât a metalelor feroase cât şi a celor neferoase.

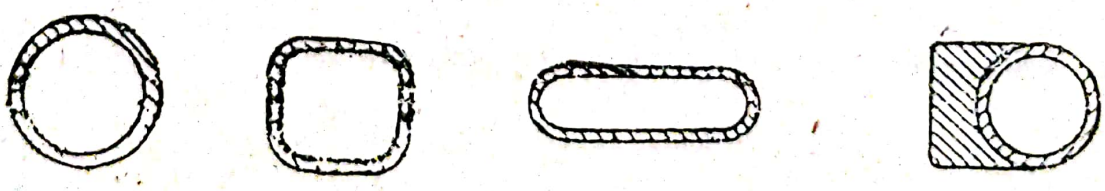


Fig. 12.16. **Secţiuni printr-un conductor din care se execută bobina inductoare.**

Scanned with OKEN Scanner

Instalaţia electrică a cuptorului fără miez se compune din:

— autotransformatorul sau transformatorul de alimentare şi de reglare a puterii;

— bobina inductoare;

— grupul de baterii de condensatoare necesare îmbunătăţirii factorului de putere al cuptorului.

Dacă cuptorul este alimentat de la reţeaua electrică trifazată (fig. 12.17), în circuitul electric se prevăd trei cuptoare, câte unul pe fiecare fază. Când nu se pot folosi grupe de câte trei cuptoare se utilizează un grup motor-generator. Motorul este alimentat printr-o reţea trifazată, iar generatorul asigură alimentarea monofazată a cuptorului.

Dacă cuptorul nu este alimentat la frecvenţa reţelei industriale autotransformatorul se înlocuieşte cu un generator de frecvenţă dorită.

• **Cuptoarele cu miez magnetic** cuprind, una, două sau trei bobine inductoare înfăşurate fiecare pe câte un miez feromagnetic. De aceea şi alimentarea acestor cuptoare se face mono, bi sau trifazat, în funcţie de numărul de bobine inductoare pe care le are. Fiecare bobină este izolată cu material refractar, iar între această izolaţie şi căptuşeala cuptorului se realizează un spaţiu care poartă denumirea de *canal de topire* (fig. 12.18).

Cele două sau trei canale de topire comunică între ele şi acestea comunică la rândul lor cu cuva cuptorului, în care se introduce metalul pentru topit. Întregul cuptor este susţinut de elemente metalice care îi asigură rezistenţa mecanică şi manevrarea uşoară la golire (prin basculare).

Din punct de vedere electric, aceste cuptoare sunt asemănătoare cu cele fără miez. Randamentele maxime sunt cu 3—4% mai mari decât ale cuptoarelor fără miez.

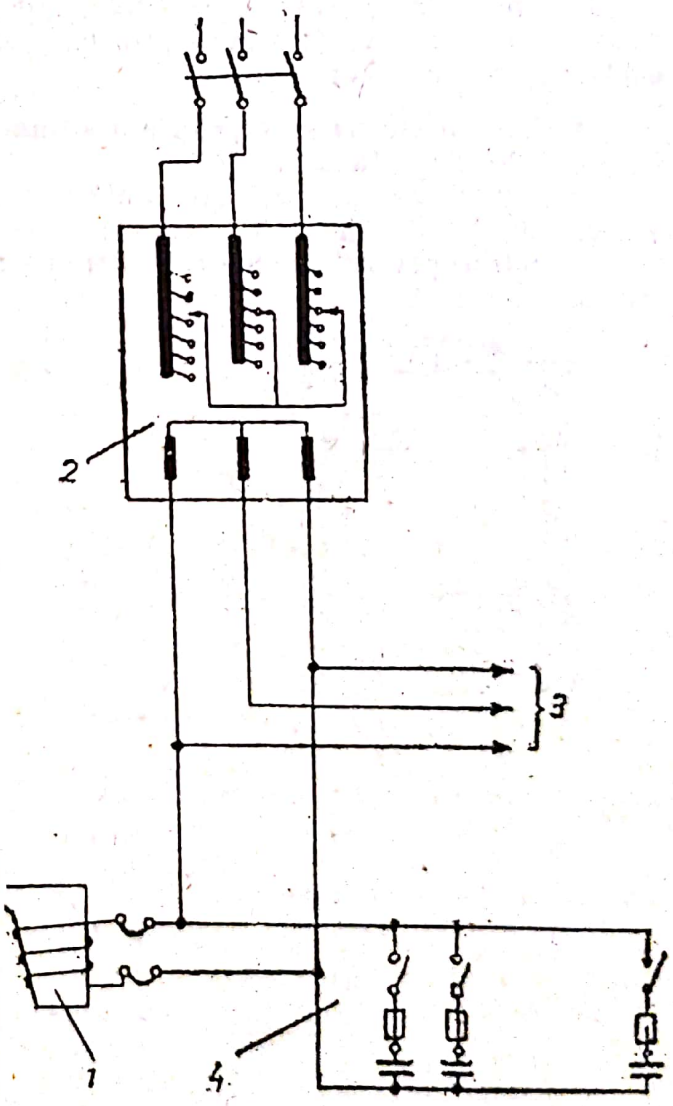


Fig. 12.17. **Schema electrică de principiu a alimentării unui cuptor cu inducţie fără miez de la reţeaua trifazată industrială:**

1 — cuptor cu bobina inductoare; *2* — transformator de alimentare şi de reglare a puterii; *3* — alimentarea către alte două cuptoare asemănătoare; *4* — grup de baterii de condensatoare pentru ameliorarea factorului de putere.

Scanned with OKEN Scanner

Aceste cuptoare se bazează pe efectul termic al arcului electric produs între doi electrozi. Arcul electric poate să se producă:

— *la suprafaţa metalului topit,* între electrozi şi metal. Căldura este preluată de metal prin conducţie şi prin radiaţie. Electrozii se plasează vertical pentru a putea fi uşor apropiaţi sau depărtaţi de suprafaţa metalului;

— *în interiorul metalului topit,* curentul electric trecând prin masa de metal care se comportă ca o rezistenţă. De aceea, cuptoarele de acest fel se mai numesc şi **cuptoare de arc şi cu rezistenţă** şi întreaga cantitate de căldură este preluată prin conducţie;

— *în interiorul metalului topit,* între electozii plasaţi orizontal, la distanţă de suprafaţa metalului. Căldura dezvoltată de arc este preluată prin radiaţie de metal.

• În figura 12.19 este prezentat **un cuptor cu arc electric la suprafaţa metalului topit.** Electrozii *1* străbat bolta cuptorului *2* şi sunt fixaţi în nişte dispozitive cu ajutorul cărora li se poate regla poziţia faţă de suprafaţa metalului topit. Electrozii sunt executaţi din grafit, cu diametrul între 100 şi 400 mm în funcţie de mărimea cuptorului. Prin electrozi pot trece curenţi de 2 000 A până la 18 000 A. De aceea, alimentarea acestora de la postul de transformare se face, de regulă, prin bare din cupru montate aerian sau prin cabluri electrice răcite cu apă.

• **Schema electrică de principiu a unui cuptor cu arc electric** se arată în figura 12.20. Aceasta cuprinde:

— separatorul a_1, care are contactele electrice mobile legate la pământ atunci când se află în poziţia deschis;

— întrerupătorul general i_1 pentru legarea cuptorului la reţeaua de medie tensiune;

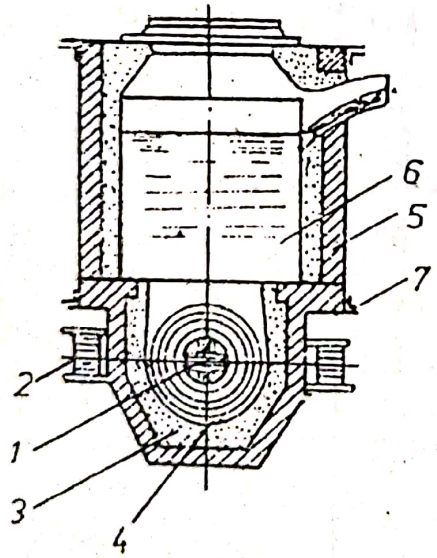


Fig. 12.18. **Schiţa unui cuptor cu inducţie cu miez magnetic:** *1* — miezul magnetic; *2* — bobină plasată pe miezul magnetic; *3* — izolaţie din material refractar; *4* — canal de topire; *5* — căptuşeala cuptorului; *6* — cuva cuptorului; *7* — elementele de susţinere ale cuptorului.

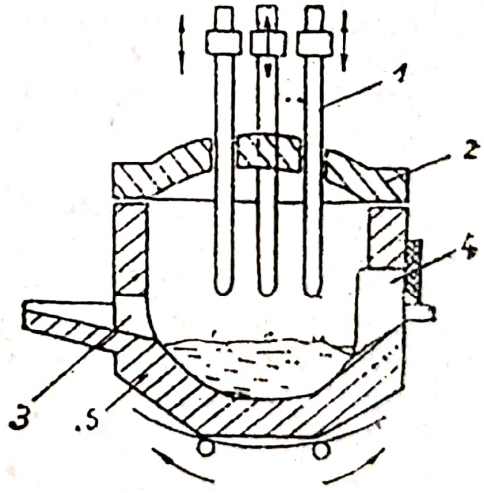


Fig. 12.19. **Schiţa unui cuptor cu arc electric la suprafaţa metalului topit:** *1* — electrozi; *2* — bolta cuptorului; *3* — gura de evacuare; *4* — gura de încărcare; *5* — căptuşeala cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

— transformatorul *TR* care permite reglarea puterii cuptorului, modificând tensiunea din secundar prin legarea primarului din triunghi în stea. Aceasta se face cu ajutorul contactorului *C2*;

— grupul de bobine de balast *G*, care asigură stabilitatea arderii arcului electric. Cu ajutorul contactorului *C1* acestea pot fi scurtcircuitate (se procedează la acesta atunci când primarul este legat în stea şi când cuptorul absoarbe o putere mai mică de la reţea);

— conductele electrice de alimentare *CA*, străbate de curenţi foarte mari. Ca efect secundar, aceşti curenţi generează câmpuri electomagnetice foarte puternice care pot duce la încălzirea (prin inducţie) a părţilor metalice din apropierea lor. De aceea toate îmbinările dintre conducte se fac cu multă grijă, iar piesele de fixare pe zidărie (nu pe beton armat) se execută din materiale nemetalice;

— electrozii *E* ai cuptorului, confecţionaţi din grafit.

Instalaţia poate fi completată prin adăugarea unui termocuplu şi a unui regulator automat. Acesta poate acţiona direct asupra întreruptorului *i1*, sau poate regla tensiunea din secundar, modificând raportul de transformare. Deoarece factorul de putere al cuptoarelor cu arc electric este foarte scăzut pe partea primară se montează baterii de condensatoare pentru ameliorarea acestuia.

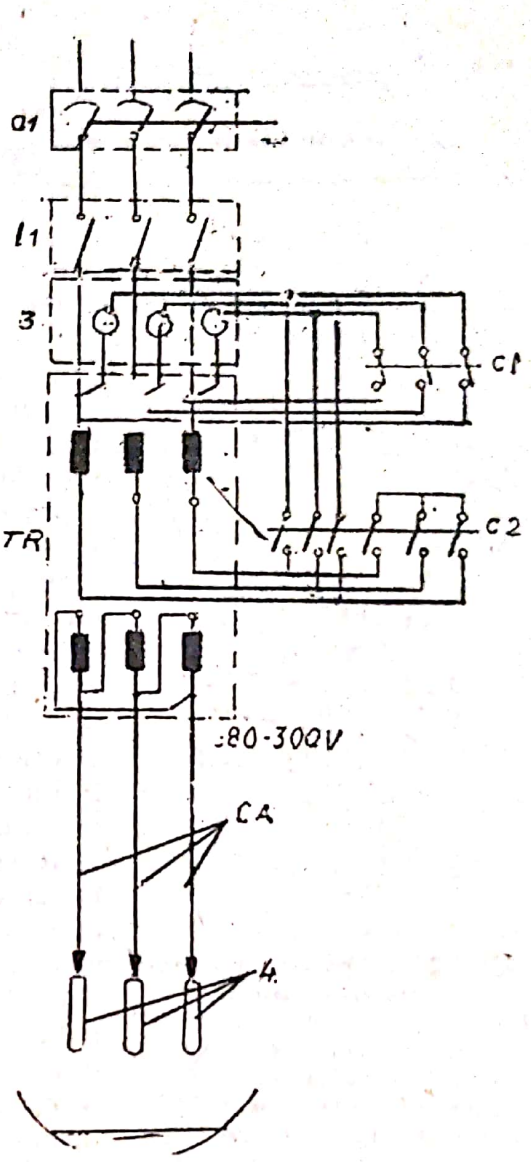


Fig. 12.20. Schema electrică de principiu a unui cuptor cu arc electric.

4. ÎNCĂLZIREA CU RADIAŢII INFRAROŞII

Încălzirea cu radiaţii infraroşii se bazează pe efectul termic al radiaţiilor infraroşii. De regulă, radiaţiile infraroşii se produc cu ajutorul lămpilor electrice pentru radiaţii infraroşii. Acestea au filamentul (fig. 12.21) construit astfel încât majoritatea energiei emise să fie formată din radiaţii electromagnetice cu lungimea de undă de 1—2 μm, ceea ce corespunde domeniului infraroşu. Temperatura filamentului este de 2 000—1 500 K. Puterea lămpilor este de 200—1 000 W, iar timpul de utilizare a acestora de maximum 3 000 de ore. Balonul de sticlă are o formă parabolică. Este confecţionat din sticlă de sodiu, potasiu şi calciu. Calota balonului este mată pentru a radia uniform, iar partea inferioară este acoperită la interior cu un strat de aluminiu puternic

Scanned with OKEN Scanner

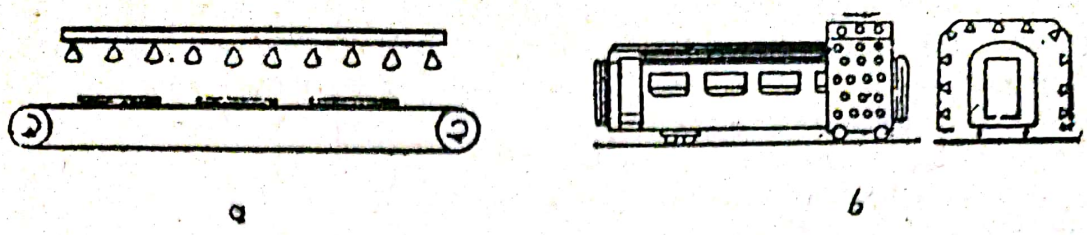


Fig. 12.22. **Schiţe ale dispozitivelor de uscare sau încălzire cu radiaţii infraroşii:** *a* — pentru materiale subţiri pe bandă; *b* — pentru uscarea vagoanelor proaspăt vopsite.

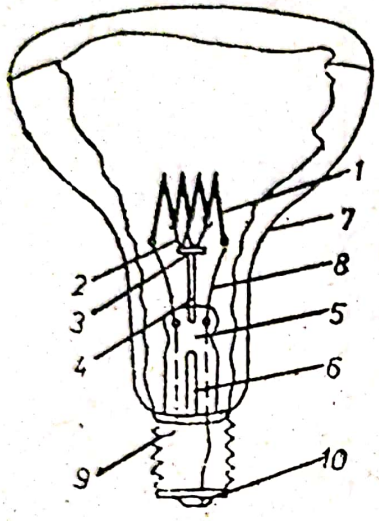


Fig. 12.21. **Lampă electrică pentru radiaţii infraroşii:** *1* — filament din wolfram; *2* — cârlige; *3* — lentilă; *4* — bastonaş metalic; *5* — picioruş de sticlă; *6* — tub. pentru evacuarea aerului; *7* — balon parabolic; *8* — electrozi; *9, 10* — contacte (superior şi inferior).

reflectant. Deoarece radiaţiile se propagă în linie dreaptă, sursele trebuie astfel aşezate încât radiaţiile infraroşii să cadă perpendicular pe suprafaţa corpurilor supuse încălzirii şi pe toată suprafaţa acestora. Din aceste motive, metoda nu se poate utiliza pentru uscarea (sau încălzirea) unor produse aflate în straturi, cu volume mari etc. Metoda se utilizează în special pentru uscarea peliculelor aplicate pe piese (deoarece radiaţiile trec prin peliculă şi încălzesc corpul care apoi cedează căldura peliculei de la interior către exterior), pentru încălzirea corpurilor plane, filiforme şi granulate (materiale textile, ceramice, minerale, agroalimentare), pentru încălzirea materialelor inflamabile, pentru încălzirea pe bandă a materialelor subţiri (materiale din piele, cauciuc, celuloză, hârtie, din industria cosmetică şi farmaceutică).

Din motivele expuse mai sus, încălzirea cu radiaţii infraroşii are loc în dispozitive (ce nu pot fi denumite *cuptoare*) care au forme şi dimensiuni corespunzătoare materialelor ce trebuie încălzite. În figura 12.22. se indică câteva schiţe ale acestor tipuri de dispozitive. Lămpile electrice se pot monta pe linii sau în şah. Alimentarea cu energie electrică se face utilizând conducte montate în tuburi de protecţie metalice sau cabluri electrice. Reglarea temperaturii pieselor supuse uscării sau încălzirii se poate face prin modificarea numărului de lămpi aflate în funcţiune (fără a modifica uniformitatea radiaţiei pe suprafaţa corpurilor), sau prin modificarea timpului de încălzire.

F. EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE SPECIFICE PROCESELOR INDUSTRIALE

1. INSTALAŢII DE SUDARE

Echipamentul electric din procesul sudării va fi exploatat şi întreţinut în funcţie de tipul său, după indicaţiile date în cartea tehnică sau în prospect.

O atenţie deosebită trebuie acordată măsurilor de protecţie a muncii (conectarea carcaselor metalice ale surselor la instalaţia de legare la pământ,

Scanned with OKEN Scanner

purtarea ochelarilor sau măştii de sudare, precum şi a şorţului de protecţie în timpul sudării etc.) Protecţia împotriva electocutării la convertizoarele de sudare mobile se face numai pe partea motorului, prin întreruptoare automate cu relee termice şi electromagnetice, sau prin siguranţe fuzibile.

Pentru protejarea celulelor redresoare, foarte sensibile la acţiunea particulelor corozive din atmosferă, acestea se montează fie într-o baie de ulei, în cazul redresoarelor cu seleniu, fie în capsule metalice etanşe umplute cu azot, în cazul redresoarelor cu siliciu. Racordul electric între sursa de sudare şi locul de sudare se face prin conducte flexibile, izolate în cauciuc, pe o distanţă ce nu trebuie să depăşească 30 m. Corespondenţa între curentul maxim admisibil în conductor şi secţiunea conductorului s este dată în normative.

2. INSTALAŢII DE ELECTOLIZĂ ŞI GALVANOTEHNICĂ

În general, mediul în care sunt montate băile este coroziv şi în unele cazuri exploziv, ceea ce face necesară o separare între baie şi sursele de alimentare. Periodic, trebuie verificate elementele izolatoare, precum şi legăturile între barele de curent. O atenţie deosebită trebuie acordată modului corect de exploatare şi întreţinere a băii, deoarece starea acesteia şi a elementelor electrice componente influenţează puternic asupra întregii instalaţii electrice.

Spre exemplu, la obţinerea aluminiului prin electroliză pe măsura evacuării aluminiului din baie, nivelul său scade şi ca urmare distanţa între anod şi suprafaţa metalului creşte şi o dată cu ea şi tensiunea din baie. Datorită acestui fapt, creşte consumul de energie şi, pentru a-l evita, este necesară coborârea treptată a anodului astfel încât tensiunea să nu varieze cu mai mult de 0,5 V faţă de cea normală. La alimentarea redresoarelor prin intermediul transformatorului de reţea trebuie avut grijă ca înfăşurările acestuia să fie separate şi în nici un caz nu se vor utiliza autotransformatoare, pentru evitarea legăturii galvanice între reţeaua de c.a. şi cea de c.c.

Performanţele băilor galvanotehnice depind într-o foarte mare măsură de parametrii de exploatare: densitatea de curent, temperatura, pH-ul, agitarea, care trebuie corect corelate. De exemplu, la o baie de nichelare la 54° C, $p\mathrm{H} = 2$, $\tau = 600$ A/m^2. Depozitele sunt deschise la culoare, ductile şi de calitate superioară. Dacă $\sigma = 20$ A/m^2, depozitele obţinute sunt fragile, necorespunzătoare.

3. INSTALAŢII DE ÎNCĂLZIRE ELECTRICĂ

Diversitatea mare de cuptoare electrice şi de dispozitive de încălzire pe cale electrică obligă la adoptarea de măsuri specifice de exploatare şi întreţinere.

O atenţie deosebită va fi acordată integrităţii căptuşelii cuptorului, atât la interior cât şi la exterior. Degradările de la exterior se pot uşor remedia, pe când degradarea căptuşelii interioare poate să ducă la scoaterea din funcţiune a cuptorului. De aceea, şarja va fi totdeauna condusă în aşa fel, încât să nu se ajungă la degradarea căptuşelii interioare a cuptorului. Pentru aceasta, materialul pentru topit se va introduce treptat, fără şocuri. Golirea cuptorului se va face relativ repede, pentru a nu se depune pe pereţii laterali oxizi ai metalului topit. Când apar astfel de depuneri, acestea se înlătură cu grijă, fără

Scanned with OKEN Scanner

a solicita căptuşeala prin lovituri mecanice ce ar putea să o distrugă. Refacerea căptuşelii se realizează totdeauna la dimensiunile prescrise în cartea tehnică a cuptorului, pentru a nu modifica randamentul acestuia (mai ales în cazul cuptoarelor cu inducţie fără miez).

În timpul funcţionării cuptorului se va urmări ca toată cuva acestuia să fie cât mai bine izolată de mediul exterior, pentru a diminua la maximum pierderile de căldură prin neetanşeităţi. De asemenea, nu se va lăsa cuptorul cu uşa (sau capacul) deschisă mai mult decât este strict necesar (pentru umplere, completare, luarea unor probe etc.).

Se va urmări pe tot timpul funcţionării cuptorului temperatura suprafeţelor exterioare ale acestuia. Dacă apar părţi supraîncălzite, acesta este un prim indiciu că în acea zonă căptuşeala cuptorului s-a subţiat şi este necesară remedierea ei.

Periodic, se va controla temperatura apei de răcire a conductelor electrice (în cazul cuptoarelor cu inducţie). Depăşirea temperaturii admisibile a acesteia este de asemenea un semn de supraîncălzire a cuptorului.

O regulă deosebit de importantă pentru securitatea personalului de deservire al cuptorului este aceea că pe toată perioada în care se umblă la cuptor (pentru încărcare, pentru completare etc.) acesta se deconectează de la reţeaua electrică. Nerespectarea acestei reguli poate să ducă la accidente deosebit de grave. În situaţiile în care cuptorul nu este prevăzut cu un regulator automat de temperatură, periodic se va măsura temperatura acestuia pentru a evita supraîncălzirea şarjelor, situaţie ce conduce la scăderea randamentului cuptorului şi uneori chiar la deprecierea şarjei.

Pe toată perioada elaborării şarjei se vor urmări aparatele de măsură indicatoare (ampermetre, voltmetre, cosfimetre, wattmetre).

În funcţie de indicaţiile acestora, se vor realiza cele mai potrivite manevre pentru o bună utilizare a cuptorului (curentul, tensiunea şi puterea trebuie să se afle în apropierea valorilor nominale, iar factorul de putere cât mai aproape de unitate).

La sfârşitul fiecărui schimb, se verifică starea tehnică a principalelor părţi ale cuptorului. Se insistă în mod deosebit asupra:

— etanşeităţii cuptorului;

— bunei funcţionări a alimentării cu energie electrică (executarea legăturilor electrice, funcţionarea aparatelor indicatoare, funcţionarea întreruptorului automat de punere şi scoatere de sub tensiune, buna funcţionare a bateriilor de condensatoare);

— bunei funcţionări a dispozitivelor auxiliare de basculare a cuptorului pentru golire;

— presiunii şi temperaturii apei de răcire din conductele electrice;

— dimensiunilor electrozilor (numai la cuptoarele cu arc electric) cuptorului;

— funcţionării lămpilor cu radiaţii infraroşii (numai la dispozitivele de încălzire cu radiaţii infraroşii);

— bunei funcţionări a instalaţiei automate de reglare a temperaturii.

Toate manevrele ce se execută la cuptor vor fi în conformitate cu cartea tehnică, cu instrucţiunile de utilizare ale acestuia şi cu normele generale de tehnica securităţii muncii.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 13

ASPECTE SPECIFICE ALE EXECUŢIEI, ÎNTREŢINERII ŞI REPARĂRII INSTALAŢIILOR ELECTRICE DIN MEDIUL EXPLOZIV

A. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DIN PUNCTUL DE VEDERE AL PROTECŢIEI NORMALE

Toate echipamentele electrice, prin construcţie, trebuie să ofere un anumit grad de protecţie *(protecţie normală)*. Acesta se referă la:

— protecţia persoanelor împotriva atingerii sau apropierii de părţile aflate sub tensiune şi împotriva atingerii pieselor în mişcare din interiorul carcasei (cu excepţia arborilor netezi în rotaţie şi a pieselor similare), precum şi protecţia echipamentelor electrice contra pătrunderii corpurilor străine solide.

— protecţia echipamentelor electrice contra pătrunderii apei.

• **Din punctul de vedere al protecţiei persoanelor,** echipamentele electrice se pot executa în şapte variante*, simbolizate fiecare printr-o cifră.

0 — neprotejate, ceea ce presupune că atingerea părţilor sub tensiune şi a părţilor în mişcare din interiorul carcasei nu este împiedicată; de asemenea pătrunderea corpurilor solide străine nu este împiedicată;

1 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine cu diametrul mai mare de 50 mm, ceea ce presupune că atingerea accidentală sau involuntară a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare cu o suprafaţă mare a corpului omenesc (de exemplu, cu mâna) nu este posibilă. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametrul până la 50 mm este posibilă;

2 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 12 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea întâmplătoare sau voită cu degetul sau cu obiecte analoage a căror lungime nu depăşeşte 80 mm, a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare este împiedicată. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametrul egal cu sau peste 12 mm este împiedicată;

3 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 2,5 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea cu scule, sârme etc. cu diametrul sau grosimea egale cu sau peste 2,5 mm a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare este împiedicată. Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametre egale cu sau mai mari de 2,5 mm este împiedicată;

4 — protejate contra pătrunderii corpurilor solide străine de diametru 1 mm sau mai mari, ceea ce presupune că atingerea cu sârme sau benzi cu grosimi peste 1 mm a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare este împiedicată.

---

* Acestea sunt stabilite prin STAS 5325-79.

Scanned with OKEN Scanner

Pătrunderea corpurilor solide străine cu diametre egale cu sau peste 1 mm este împiedicată;

5 — protejate parţial contra pătrunderii prafului, ceea ce presupune că atingerea în orice fel a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare este total împiedicată. Pătrunderea prafului nu este complet împiedicată, el putând pătrunde numai în măsura în care nu împiedică buna funcţionare a echipamentului electric;

6 — protejate total contra pătrunderii prafului, ceea ce presupune că atingerea în orice fel a părţilor interioare sub tensiune sau în mişcare este total împiedicată. Pătrunderea prafului este complet împiedicată.

• **Din punctul de vedere al protecţiei contra pătrunderii apei,** echipamentele electrice se pot executa în nouă variante, simbolizate fiecare printr-o cifră;

0 — neprotejate, ceea ce presupune că pătrunderea apei nu este împiedicată;

1 — protejate contra picăturilor verticale de apă, ceea ce presupune că picăturile de apă ce cad vertical nu trebuie să aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

2 — protejate contra picăturilor de apă ce cad sub un unghi de maximum 15° faţă de verticală, ceea ce presupune că picăturile de ploaie ce cad sub un unghi de maximum 15° faţă de verticală trebuie să nu aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

3 — protejate contra apei căzând ca ploaia, ceea ce presupune că apa căzând ca ploaia, sub un unghi de maximum 60° faţă de verticală, trebuie să nu aibă efecte dăunătoare asupra echipamentelor;

4 — protejate contra stropirii cu apă, ceea ce presupune că apa proiectată din toate direcţiile asupra carcasei unui echipament electric trebuie să nu aibă efecte dăunătoare;

5 — protejate contra jeturilor de apă, ceea ce presupune că apa proiectată din orice direcţie cu ajutorul unui furtun asupra carcasei unui echipament electric trebuie să nu aibă efecte dăunătoare;

6 — protejate contra condiţiilor de pe puntea navelor, ceea ce presupune că apa provenită din valuri sau jeturi puternice trebuie să nu pătrundă în carcasa echipamentului în cantitate dăunătoare;

7 — protejate contra efectelor imersării în apă, ceea ce presupune că pătrunderea apei în cantitate dăunătoare în interiorul carcasei unui echipament electric total imersată în apă (la o presiune dată şi un timp anumit) trebuie să nu fie posibilă;

8 — protejate contra imersării prelungite în apă, ceea ce presupune că echipamentele rezistă la imersiune prelungită în apă în condiţiile prescrise de producător.

• **Gradul normal de protecţie** se simbolizează prin literele caracteristice *IP* (protecţie internaţională), urmate de două cifre caracteristice:

— prima cifră indică protecţia persoanelor;

— a doua cifră indică protecţia echipamentului contra pătrunderii apei.

De exemplu, un echipament cu gradul normal de protecţie *IP 54* este protejat parţial contra pătrunderii prafului (semnificaţia cifrei *5*) şi protejat contra stropirii cu apă (semnificaţia cifrei *4*).

Când gradul normal de protecţie se exprimă printr-o singură cifră caracteristică, cifra omisă se înlocuieşte cu litera *X* (de exemplu *IP X4, IP2X* etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Când pentru echipamentele electrice se prevăd condiţii suplimentare de execuţie, se folosesc, în notarea gradului normal de protecţie, literele *W*, *S* şi *N* cu următoarele semnificaţii:

W — arată că echipamentul electric este construit pentru a oferi protecţie suplimentară (de exemplu, la condiţiile atmosferice etc.). Această protecţie este specificată în norma tehnică a produsului. Litera *W* se plasează între grupul de litere *IR* şi grupul de cifre caracteristice (de exemplu, *IP W 23, IP W 54* etc.);

S — arată că verificarea protecţiei contra pătrunderii apei se face asupra echipamentului scos din funcţiune;

M — arată că această verificare se face asupra echipamentului în timpul funcţionării lui. Litera *S* sau *M* se plasează după grupul de cifre caracteristice (de exemplu, *IPW 23 S, IP W 23 M* etc.).

B. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE DIN PUNCTUL DE VEDERE AL PROTECŢIEI ANTIEXPLOZIVE

În afara protecţiei mecanice, menţionată mai sus, în industria chimică, în exploatările petrolifere şi de cărbuni, echipamentele electrice trebuie să mai asigure şi protecţia împotriva aprinderii amestecurilor explozive. Din acest punct de vedere echipamentele se împart în două grupe:

— *grupa I*, care cuprinde echipamentele cu protecţie antigrizutoasă*. Au simbolul *Ex. I*;

— *grupa a II-a*, care cuprinde echipamentele cu protecţie antiexplozivă. Au simbolul *Ex. II*.

Grupa a *II*-a se subdivide în trei subgrupe şi şase clase de temperatură. Subgrupele s-au stabilit în funcţie de caracteristicile atmosferei explozive pentru care este destinat echipamentul (simbolurile acestora sunt *II A, II B* şi *II C*). Echipamentele electrice din cele trei subgrupe diferă prin mărimea jocului (interstiţiului) admis între suprafeţele de îmbinare. Clasele de temperatură (simboluri *T1* ... *T6*) s-au stabilit în funcţie de temperatura maximă pe care o poate avea suprafaţa exterioară a echipamentului electric. Acestea sunt indicate în tabelul 13.1.

Modul de protecţie reprezintă măsurile specifice aplicate echipamentelor electrice cu protecţia antigrizutoasă şi antiexplozivă pentru împiedicarea aprinderii atmosferei explozive exterioare, de către acestea. STAS 6877/1-73 stabileşte următoarele moduri de protecţie:

— **capsularea antideflagrantă** (simbol *d*), care presupune că şi cutia sau carcasa echipamentului electric este capabilă să suporte o explozie internă a unui amestec exploziv, care poate să pătrundă în interior, fără să sufere avarii şi fără să transmită inflamarea (explozia) din interior la o atmosferă explozivă exterioară;

— **capsularea presurizată** (simbol *p*), care presupune că părţile periculoase ale echipamentului (de exemplu, contactele electrice) sunt amplasate în interiorul unei cutii, carcase etc., în care formarea unei atmosfere explozive este împiedicată de prezenţa unei atmosfere protectoare presurizate (la o presiune mai mare decât a mediului ce înconjoară carcasa);

— siguranţa intrinsecă (simbol *i*), care presupune că circuitul electric, în condiţii de funcţionare normală sau în condiţii de defect, nu poate aprinde o atmosferă explozivă prin arcuri electrice sau efect termic;

---

* *Grizu* este un amestec natural de gaze inflamabil şi explozibil, în care predomină metanul şi care se degajă din crăpăturile din zăcămintele de cărbuni.

Scanned with OKEN Scanner

— **înglobarea în nisip** (simbol *q*), care presupune că părţile periculoase ale echipamentului electric sunt închise într-o carcasă şi înglobate în nisip, astfel încât să nu fie posibilă aprinderea unei atmosfere explozive înconjurătoare nici prin arcuri electrice, nici prin efect termic;

— **imersiunea în ulei** (simbol *o*), care presupune că părţile periculoase ale echipamentului electric sunt imersate în ulei, astfel încât arcurile electrice sau gazele fierbinţi formate sub ulei nu pot aprinde o atmosferă explozivă care se poate găsi deasupra suprafeţei uleiului;

— **siguranţa mărită** (simbol *e*), care presupune luarea unor măsuri suplimentare faţă de cele adoptate în practica industrială obişnuită, aşa încât să se obţină creşterea securităţii împotriva posibilităţilor de încălzire excesivă şi a producerii de arcuri electrice în interiorul echipamentelor electrice care în funcţionare normală nu produc arcuri electrice şi încălzire excesivă;

— **modul special** (simbol *s*), care presupune că aprinderea atmosferei explozive de către echipamentul electric este împiedicată prin alte măsuri decât cele arătate mai sus.

În tabelul 13.1 sunt prezentate toate simbolurile folosite pentru indicarea protecţiei antigrizutoase şi antiexplozive, cât şi modul lor de utilizare.

TABELUL 13.1

Simboluri şi exemple de simbolizare pentru protecţia antigrizutoasă şi antiexplozivă (după STAS 68877(1-73)

	Specificare		Simbol
Moduri de protecţie	Capsulare antideflagrantă		d
	Capsulare presurizată		p
	Siguranţă intrinsecă		i
	Înglobare în nisip		q
	Imersiune în ulei		o
	Siguranţă mărită		e
	Mod special		s
Domeniul de destinaţie	Mine grizutoase		I
	Alte sectoare industriale		II
Grupe de gaze şi vapori explozivi	Interstiţiul maxim admis constructiv la modul de protecţie d pentru lungimea de îmbinare L = 25 mm	W = 0,5 mm	I
		W = 0,5 mm	II A
		W = 0,3 mm	II B
		W = 0,2 mm	II C
Clasele de temperatură	Temperatură maximă de suprafaţă	$450^{1}C$	T1
		$300^{1}C$	T2
		$200^{1}C$	T3
		$135^{1}C$	T4
		$100^{1}C$	T5
		$85^{1}C$	T6

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 13.1. (continuare)

	Specificare	Simbol
Ordinea de simbolizare	Grupa *I* — protecţie antigrizutoasă, astfel: lângă simbolul general se adaugă simbolul modului (sau modurilor) de protecţie şi simbolul grupei (*I*)	*Ex:...I*
	Grupa *II* — protecţie antiexplozivă; astfel: lângă simbolul general Ex. se adaugă simbolul modului (sau modurilor) de protecţie, simbolul grupei (*II*) simbolul subgrupei de explozie (*A, B, C*) (numai pentru capsulare antideflagrantă) şi simbolul clasei de temperatură	*Ex...II...* *T...*
Exemple de simbolizare		
Protecţie antigrizutoasă, capsulare antideflagrantă		*Ex. d. I*
Protecţie antigrizutoasă antiexplozivă, capsulare antideflagrantă, grupa II B şi clasa T3 de temperatură		*Ex. d. I IIB TC3*
Protecţie antigrizutoasă, siguranţa mărită combinată cu capsularea presurizată		*Ex. e. p. I*
Protecţie antiexplozivă, capsulare antideflagrantă, subgrupa II*A* şi clasa de temperatură T4		*Ex-dII AT4*

C. EXECUTAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE ÎN MEDIUL EXPLOZIV

Echipamentele electrice ce se utilizează în mediile explozive au o construcţie specială, mult diferită de execuţia normală. Ele sunt mult mai robuste, au masa şi dimensiunile mult mai mari decât ale aceloraşi echipamente în execuţie normală.

1. MONTAREA CORPURILOR DE ILUMINAT

Pentru exemplificare s-a ales corpul de iluminat antiexploziv *AE-125* (sau *AV-80*), prezentat în figura 13.1. Acest tip de corp de iluminat are un grad normal de protecţie *IP 54* şi antiexplozivă-antigrizutoasă. *Ex. de I/II AB CT4.* Corpul de iluminat se compune din trei părţi principale:

— compartimentul optic *1*, format dintr-o carcasă turnată din aluminiu şi un glob de sticlă rezistent la şocuri termice şi mecanice;

— cutia de borne şi piesele pentru introducerea cablului *2*, executate din aluminiu prin turnare;

— compartimentul balastului *3*, format dintr-o carcasă executată tot din aluminiu turnat.

Sursa de lumină este un balon fluorescent de 125 W sau 80 W. Globul din sticlă este protejat de un grătar confecţionat din sârmă de oţel. Grătarul mai are rolul de a fixa globul de carcasă.

Caracterul general al execuţiei corpului de iluminat este: capsularea antideflagrantă *d*. În acelaşi timp cutia cu borne este în execuţie cu siguranţă mărită *e*. Clasa de temperatură a corpului de iluminat este *T4*, temperatura la suprafaţa acestuia putând ajunge până la 135°C.

Scanned with OKEN Scanner

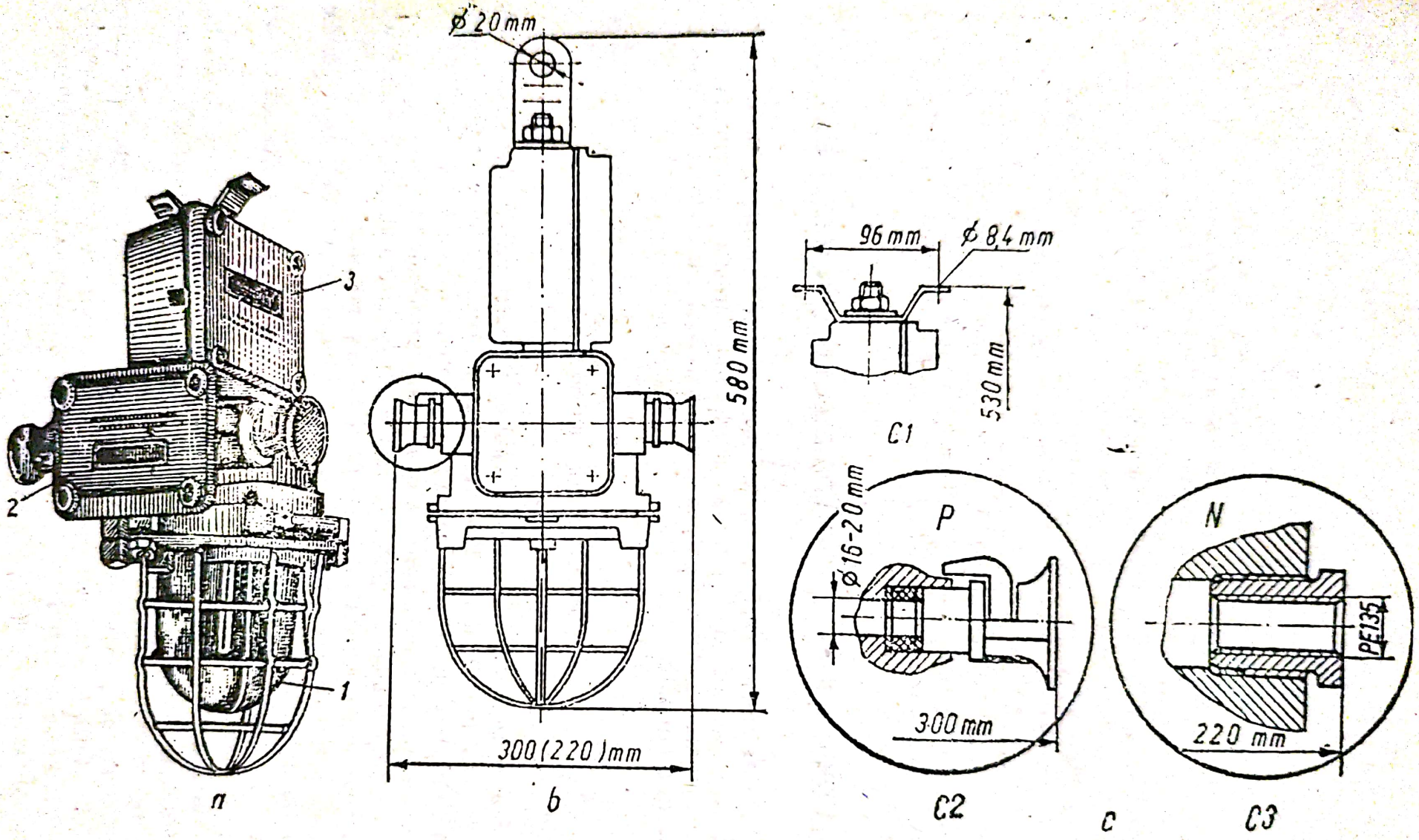
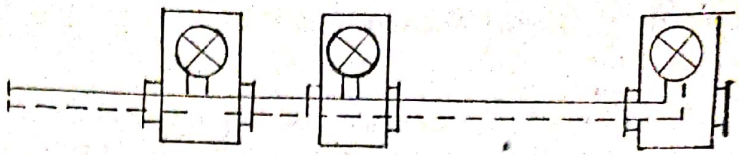


Fig. 13.1. **Corpul de iluminat antiexploziv:** *AV-125:*
a — vedere; *b* — schiţă; *c* — detalii.

Fig. 13.2. Legarea corpurilor de iluminat antiexplozive.



Corpul de iluminat se montează cu cârlig de suspendare (fig. 13.1, *b*) sau cu placă de fixare pe elementele de construcţii (detaliul C_1 din figura 13.1, *c*). Alimentarea cu energie electrică se face prin cabluri de energie care au acces în cutia de borne:

— prin pâlnii (detaliul *C2* din figura 13.1), atunci când cablurile sunt montate aparent;

— prin nipluri (detaliul *C3* din figura 13.1), atunci când cablurile sunt montate în tuburi de protecţie metalice (*PEL* 13,5 mm). Corpul de iluminat este prevăzut cu două căi de acces în cutia de borne, deoarece aceasta este utilizată şi ca doză de derivaţie.

În figura 13.2 se arată schema electrică a acestui mod de legare a corpurilor de iluminat la reţea. La ultimul corp de iluminat, una din căile de acces pentru cablul electric se va etanşa cu un capac.

Sursa de lumină se poate schimba fără risc, deoarece la desfacerea compartimentului optic, automat corpul de iluminat este scos de sub tensiune.

2. MONTAREA MOTOARELOR ELECTRICE

Motoarele electrice cele mai frecvent folosite în execuţia antiexplozivă — antigrizutoasă sunt cele asincrone, trifazate cu rotorul în scurtcircuit. La acestea se vor face câteva referiri în continuare.

Aceste motoare au un grad normal de protecţie *IP 44* şi antiexplozivă (ex. *d II AB T 3*). Construcţia (fig. 13.3) este identică cu a motoarelor utilizate în mediul normal, cu deosebirea: carcasa acestora asigură protecţie antiexplozivă (şi antigrizutoasă — după caz). Aceasta face ca dimensiunile de gabarit şi masa lor să fie mult mai mari decât a celor normale.

Alimentarea cu energie electrică se face prin cablu montat aparent, sau în tub de protecţie metalic. De aceea, cutia de borne este prevăzută cu o cutie terminală necesară racordării cablului electric.

Montarea motoarelor antiexplozive se face la fel ca şi montarea în mediu normal.

Din punct de vedere al exploatării, acestea nu pun nici un fel de probleme, deoarece pe tot timpul funcţionării nu se intervine.

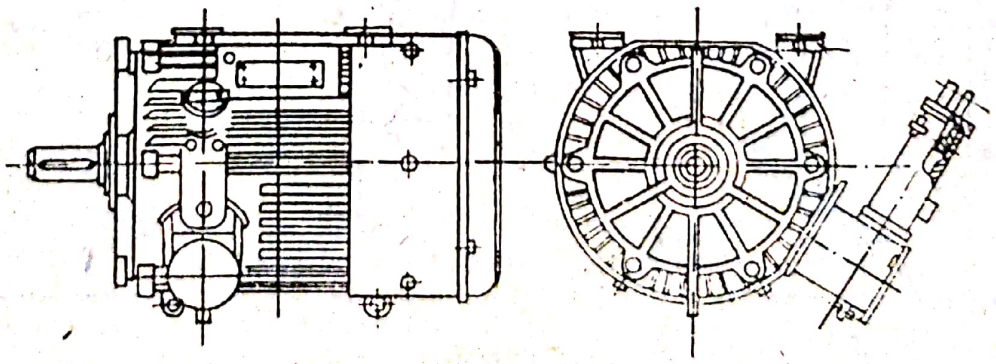


Fig. 13.3. Motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit în execuţie antiexplozivă.

Scanned with OKEN Scanner

3. MONTAREA TUBURILOR DE PROTECŢIE, PIESELOR DE LEGĂTURĂ ŞI DOZELOR

În mediile cu pericol de explozie, pentru protecţia conductelor electrice sau a cablurilor se folosesc ca tuburi de protecţie ţevile din oţel galvanizat cu grosimea peretelui de minimum 2 mm. Diametrul ţevii se va alege în funcţie de mărimea cablului sau a numărului de conductoare ce trebuie protejate. Diametrul minim admis pentru protecţia conductelor electrice de energie sau a cablurilor este de 3/4" şi de 1/2" pentru conductele circuitelor de automatizare, măsură şi comandă.

Îmbinarea ţevilor se va face numai prin filetare, folosind mufe şi coturi (sau curbe). Aceste piese poartă numele de *fitinguri.* La capătul ţevii, filetul trebuie să cuprindă minimum cinci filete complete, continue şi consecutive.

Ramificarea sau înnădirea conductelor (sau cablurilor) electrice se execută numai în doze antiexplozive antigrizutoase (fig. 13.4), în funcţie de mediu.

În încăperile cu pericol de explozie, ţevile se montează pe un singur rând şi la o depărtare minimă de 2 cm faţă de perete sau de tavan (pentru a se putea curăţi uşor). Fixarea lor se face cu unul din dispozitivele utilizate în mod curent în mediul normal (console, brăţări, scoabe, cleme etc.), care nu este atacat de mediu.

Atunci când ţevile pentru conductele electrice sunt montate împreună cu ţevile tehnologice care transportă vapori sau gaze acide acestea se amplasează:

— mai jos de conductele tehnologice, când greutatea specifică a vaporilor sau a gazelor este mai mică decât 0,75 γ (unde γ este greutatea specifică a aerului);

— mai sus de conductele tehnologice, când greutatea specifică a vaporilor sau gazelor este mai mare decât 0,75 g.

În încăperile umede şi în exterior ţevile se montează cu pantă (1%) pentru a permite scurgerea condensului. În locurile de acumulare a condensului se prevăd fitinguri şi doze speciale ce permit îndepărtarea acestuia.

Ţevile pentru conductele electrice se fixează rigid (dar nu prin sudare), în special în apropierea receptoarelor, aparatelor electrice sau echipamentelor mobile astfel:

— la maximum 0,3 m de corpul de iluminat;

— la maximum 0,8 m de motor sau aparatul electric;

— pe întreaga lungime (cu puncte de fixare între 1,5—2,5 m) care trece pe sub transportoare, maşini sau alte echipamente mobile.

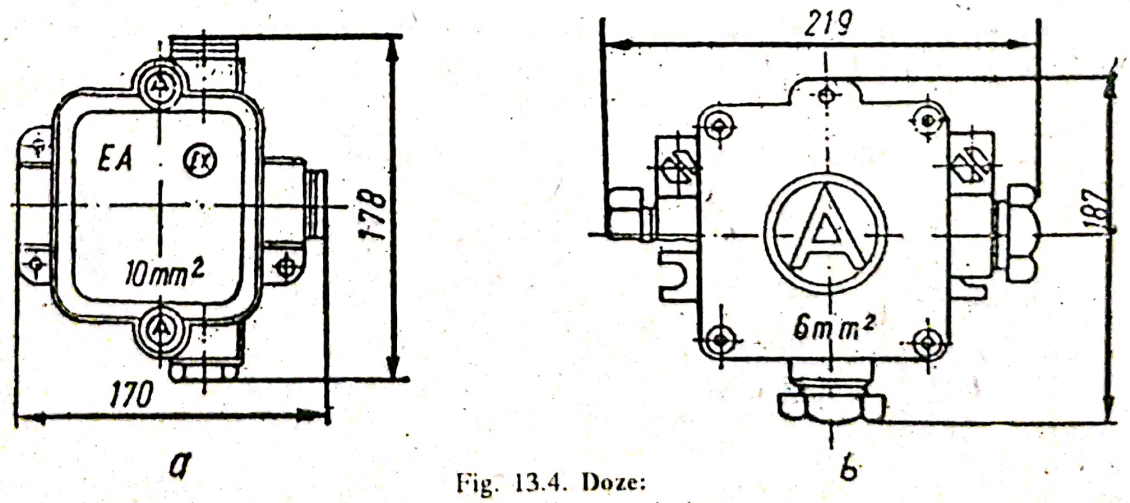


Fig. 13.4. Doze:
a — antiexplozive; *b* — antigrizutoase.

Scanned with OKEN Scanner

La intersecţia ţevilor pentru conductele electrice cu ţevi tehnologice din care pot să curgă reactivi chimici (atât la montajul aparent cât şi la cel îngropat), primele se vor proteja în zona comună cu ţevi groase.

Nu se admite montarea ţevilor pentru conductele electrice:

— direct pe pardoseală;

— în pardoseală, dacă distanţa până la suprafaţa pardoselii este mai mică de 2 cm.

4. EXECUTAREA ÎMBINĂRILOR ÎNTRE CONDUCTOARELE ELECTRICE

Toate îmbinările ţevilor cu cutiile aparatelor electrice, maşinilor electrice, corpurilor de iluminat şi tablourilor electrice se vor executa cu posibilitatea înlocuirii aparatului sau a maşinii fără demontarea ţevii. În toate aceste cazuri, legăturile electrice sunt rigide, deoarece conductele electrice intră direct în cutia de legătură (a aparatelor, maşinilor etc.). Pentru executarea unor legături flexibile între conductele electrice ale reţelei (rigide) şi bornele aparatului, motorului etc. (care sunt supuse la vibraţii o dată cu cutia de legături) se intercalează un cablu flexibil sau un tub flexibil, astfel:

— un cablu flexibil din cupru, când secţiunea conductoarelor este între $4 \times 2{,}5$ mm^2 şi $3 \times 70 + 35$ mm^2, acesta având piese de etanşare la ambele capete;

— un tub flexibil în care se introduc conductele electrice ale reţelei. Tubul flexibil va avea piese de etanşare, la ambele capete. În interiorul tubului flexibil se montează numai conductoare din cupru.

Conductele electrice ce se folosesc în instalaţiile electrice din mediul exploziv sunt de regulă cu conductoarele confecţionate din cupru (mono şi multifilar). Modurile de îmbinare a conductoarelor sunt: cu cleme; prin sudare, prin lipire şi cu papuc. În mediile foarte umede sau chimic active nu se recomandă îmbinarea prin cleme de strângere. La executarea legăturilor cu şuruburi se vor prevedea şaibe de blocare sau şaibe grower contra autodeşurubării. Pentru acelaşi motiv, filetul şurubului se încarcă cu vopsea după îmbinare. În cazurile în care izolaţia din cauciuc de pe conductoarele electrice ce se leagă la aparate umplute cu ulei este acoperită cu ulei se înlocuieşte cu un material izolator rezistent la ulei (mărgele din ceramică, material termoplastic etc.).

5. ETANŞAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE

Etanşarea este obligatorie pentru:

— fiecare conductă care intră sau părăseşte o carcasă în care se află echipament electric şi este montată într-un mediu exploziv;

— conductele ce trec dintr-o încăpere cu pericol de explozie, într-o încăpere cu mediu normal.

Locurile de etanşare sunt prevăzute în proiectul instalaţiei respective. Etanşarea se realizează printr-un fiting special. Acesta se umple, prin turnare, cu o masă de etanşare. Instrucţiunile de preparare şi turnare a mesei de etanşare sunt date de întreprinderea producătoare a acesteia. Înainte de turnare, fitingul şi conductele electrice se curăţă foarte bine de murdărie (în fitingul de etanşare nu există legături electrice; acestea se fac numai în doze). Nu este permis a se umple cu masa de etanşare dozele de legătură, cutiile de borne sau alte locuri în care există legături electrice.

Scanned with OKEN Scanner

Fitingul de etanşare se prevede de regulă în încăperea cu pericol de explozie. Între acesta şi peretele încăperii, prin care trece conducta ce protejează conductele electrice, nu se admite montarea unor piese de legătură, de ramificare etc. Fitingul de etanşare se poate monta pe partea celalată a încăperii cu pericol de explozie când:

— conducta pe care se montează se termină imediat după perete şi conductoarele electrice îşi continuă traseul;

— instalaţia este îngropată în perete sau pardoseală şi conductoarele care ies din ţeavă sunt legate la un tablou electric.

După etanşare se execută proba de etanşeitate. Presiunea de probă este de 0,5 atmosfere. Proba durează 3—5 minute, timp în care presiunea nu trebuie să scadă sub 0,4 atmosfere.

6. MONTAREA CABLURILOR

Cablurile electrice pot înlocui conductele electrice protejate în ţeavă. În mediul exploziv se pot monta cabluri pentru tensiuni până la 10kV. Se recomandă ca în încăperi să nu se prevadă cabluri pentru tensiuni mai mari de 1kV. De asemenea, traseele cablurilor trebuie alese în aşa fel încât:

— lungimea cablurilor să fie minimă;

— numărul de manşoane şi derivaţii să fie de asemenea minim.

Nu se pot monta cabluri în canalele sau tunelurile care cuprind conducte de gaz metan, conducte de produse uşor volatile şi lichide inflamabile, conducte pentru alimentarea cu apă pentru incendiu sau în canale, tuburi sau tunele pentru ventilaţii.

Cablurile se pot monta în canalele sau tunelele care cuprind conducte de aer, de apă potabilă, de apă pentru încălzire. În aceste situaţii, cablul de energie se va monta deasupra acestor conducte.

Când este obligatoriu montarea cablurilor în pământ cu acţiune chimică importantă se vor adopta numai cabluri armate şi manta de protecţie adecvată (din plumb, din iută sau masă plastică).

În încăperi, cablurile se vor monta în aşa fel încât să fie accesibile pentru reparaţii. Dacă se montează la o înălţime de până la 1,2 m de la pardoseală, se protejează obligatoriu cu ţevi din oţel.

La trecerea prin pereţi şi pardoseli, cablurile se protejează cu ţevi cu diametrul de 1,5 ori diametrul exterior al cablului. Atunci când traversarea se face către o încăpere cu grad de pericol diferit, golurile necesare traversării se etanşează cu materiale incombustibile.

Cablurile electrice se pot monta şi în pardoseală, dar protejate în ţevi îmbinate prin filet.

D. ÎNTREŢINEREA ŞI REPARAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE DIN MEDIUL EXPLOZIV

Pentru a urmări dacă instalaţiile electrice au fost executate corect (conform normativelor în vigoare) şi dacă sunt într-o stare de utilizare normală, ele se verifică:

— la punerea lor în funcţiune;

Scanned with OKEN Scanner

— ori de câte ori se face o modificare importantă în instalaţii;
— în mod periodic.

1. VERIFICAREA LA PUNEREA ÎN FUNCŢIUNE

Această verificare cuprinde:

— **verificarea preliminară,** care se execută pe tot timpul executării lucrărilor de instalaţii electrice;

— **verificarea definitivă**, care cuprinde următoarele operaţii:

— efectuarea tuturor încercărilor şi verificărilor prevăzute în instrucţiunile şi cărţile tehnice ale echipamentelor electrice;

— efectuarea probei complexe de funcţionare pe o durată continuă de 72 ore, sub dublă supraveghere (personalul de montaj şi personalul de exploatare);

— obţinerea tuturor autorizaţiilor de funcţionare impuse de legislaţia în vigoare;

— instruirea personalului de exploatare şi întreţinere;

— întocmirea instrucţiunilor scrise pentru exploatarea instalaţiilor electrice şi afişarea lor la loc vizibil pentru principalele echipamente şi agregate;

— pregătirea pieselor de rezervă şi a stocului de materiale pentru exploatare;

— asigurarea sursei de rezervă pentru alimentarea cu energie electrică (când este cazul).

2. VERIFICAREA ORI DE CÂTE ORI SE FACE O MODIFICARE IMPORTANTĂ ÎN INSTALAŢIE

Aceasta se face întocmai ca şi verificarea definitivă, dar numai asupra părţii care s-a modificat.

3. VERIFICAREA PERIODICĂ

Verificarea periodică are drept scop să controleze starea în care se găsesc instalaţiile electrice la un moment dat.

Aceste verificări se fac la intervale regulate, ce depind de acţiunea mediului asupra instalaţiilor electrice, dar nu mai rar de 6—12 luni. În cadrul acestor verificări se urmăreşte:

— etanşeitatea instalaţiei, când conductele electrice sunt protejate în ţeavă;

— corectitudinea legării la pământ a părţilor metalice care în mod accidental pot ajunge sub tensiune;

— starea conexiunilor electrice în cutiile de legătură;

— dacă echipamentele antiexplozive îşi păstrează caracteristicile de securitate.

Dacă sunt semnalate deficienţe, se trece la remedierea lor, după care se pune din nou în funcţiune instalaţia.

Repararea, ca şi modificarea echipamentelor electrice antiexplozive se execută numai de către muncitori special calificaţi şi care, de regulă, sunt trimişi de fabricile constructoare de astfel de echipament.

Scanned with OKEN Scanner

Când lucrările de reparaţii nu influenţează protecţia antiexplozivă, acestea pot fi făcute fără restricţia de mai sus. Astfel de lucrări sunt:

— lucrări curente de exploatare (cum ar fi înlocuirea pieselor uzate de conectare, de protecţie etc.);

— schimbarea releelor şi declanşatoarelor din instalaţie;

— reetalonarea aparatelor de măsurat;

— schimbarea lagărelor la motoare etc.

Înainte de punerea în funcţiune a instalaţiei se face o verificare atentă a legării la pământ a tuturor carcaselor, stelajelor, batiurilor metalice aflate în apropierea instalaţiilor electrice.

E. PROTECŢIA CONTRA ELECTRICITĂŢII STATICE

În mediile cu pericol de explozie este obligatoriu să se ia o serie de măsuri care să evite acumularea electricităţii statice pe diferite materiale, utilaje sau elemente de construcţie. Potenţialele electrostatice periculoase apar îndeosebi la:

— transportul lichidelor pe conducte cu viteze peste 0,7—1 m/s;

— la executarea operaţiilor de umplere şi golire a unor utilaje sau rezervoare, mai ales când aceasta se face prin cădere liberă;

— la ieşirea prin ajutaj a gazelor comprimate sau lichefiate şi mai ales atunci când gazele conţin şi lichid fin pulverizat (la operaţiile de vopsire prin spriţuire);

— la transportul substanţelor sub formă de pulbere într-un flux de aer sau gaz;

— la procesele de măcinare, cernere, filtrare a aerului sau gazelor, impurificare cu praf, sau la desprăfuire;

— la amestecarea substanţelor în amestecătoare;

— la prelucrarea substanţelor pe valţuri, calandre;

— la cauciucarea pânzeturilor;

— la funcţionarea transmisiunilor prin curele, a transportoarelor cu benzi de cauciuc rău conductor etc.

Existenţa unor părţi din instalaţii sau construcţie la potenţial ridicat poate conduce la descărcări electrice între acestea şi alte elemente similare de potenţial mai scăzut sau nul. În mediile cu pericol de explozie o astfel de descărcare ar produce accidente grave şi distrugeri mari de bunuri.

Pentru a evita acumulările de sarcini electrostatice se pot aplica următoarele măsuri:

— legarea la pământ a utilajelor, conductelor, rezervoarelor etc., în care se manifestă sau poate să se acumuleze electricitatea statică;

— se vor umezi suprafeţele supuse electrizării. De asemenea se va realiza o umezire generală a încăperii până la 75% umiditate relativă şi chiar mai mult;

— se vor adopta pardoseli cu conductibilitate electrică mărită.

De asemenea se vor lua măsuri specifice fiecărui proces tehnologic în parte, care constau în:

— purificarea lichidelor de particule coloidale;

— purificarea gazelor de particule lichide şi solide în suspensie;

— umplerea utilajelor, rezervoarelor etc. cu gaz inert (de preferinţă azot);

— ionizarea aerului, utilizând substanţe radioactive etc.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 14

ASPECTE PRIVIND GOSPODĂRIREA ENERGIEI

A. NOŢIUNI DE ENERGETICĂ GENERALĂ

1. FORME DE ENERGIE

Energia există sub diverse forme, determinate de modul de manifestare în anumite condiţii date. Principalele forme de energie sunt:

— **energia mecanică**, manifestată prin poziţia relativă între părţile unui sistem (energie potenţială) sau prin starea de mişcare în raport cu un sistem de referinţă (energie cinetică);

— **căldura**, care este o formă de schimb de energie fără efectuare de lucru mecanic între două sisteme puse în contact termic şi se manifestă prin variaţa temperaturii celor două sisteme; în cazul în care purtătorul de căldură este aburul sau apa caldă, energia respectivă poartă numele de energie *termică*;

— **energia chimic legată,** care apare în reacţiile chimice, şi anume energia ce se eliberează sau se absoarbe — sub formă de căldură — în orice reacţie chimică (de exemplu căldura degajată prin reacţia de oxidare — de ardere — a unui combustibil);

— **energia nucleară**, care apare în procesele de fisiune a nucleelor atomice ale elementelor grele şi în procesele de fuziune a nucleelor atomice ale elementelor uşoare;

— **energia câmpului electromagnetic,** care se manifestă sub formă de efect termic (în rezistoare, de exemplu), chimic (în procesele de electroliză), magnetic (în maşini electrice etc.) sau sub formă de radiaţie (lumină, căldură, unde herţiene).

2. RESURSE ŞI SURSE ENERGETICE

Orice rezervă naturală susceptibilă de a fi valorificată pentru producerea unei forme de energie consumabilă constituie o **resursă energetică.** Astfel:

— **combustibilii naturali:** cărbunii (antracit, huilă, cărbuni bruni, lignit, turbă), ţiţeiul, gazele naturale (gazul metan, gazele de sondă sau petroliere), şisturile bituminoase, lemnul, paiele etc., care sunt purtători de energie chimic legată ce se degajează sub formă de căldură prin procesul de ardere; în vederea unei folosiri cu eficienţă sporită, unii combustibili sunt în prealabil supuşi unor procese de preparare sau prelucrare;

— **minereurile naturale de uraniu şi thoriu,** ca purtătoare de energie nucleară eliberată sub formă de căldură prin procesul de fisiune nucleară;

— **deuteriul şi tritiul** (conţinuţi în apa mărilor şi oceanelor) ca purtători de energie nucleară eliberabilă prin procesul de fuziune nucleară; realizarea

Scanned with OKEN Scanner

acestui proces sub formă controlată — formă obligatorie în orice proces industrial — este încă în stadiul de cercetare de laborator.

Resursele energetice se împart în:

— **resurse energetice primare** (*REP*), ce se găsesc pe pământ în stare naturală şi care, la rândul lor, pot fi clasificate în: *epuizabile* şi *inepuizabile* în funcţie de durata existenţei lor în raport cu consumul;

— **resurse energetice refolosibile** (*RER*), rezultate ca purtători de energie sub diverse forme *(resurse energetice secundare)* din diferite procese tehnologice şi care pot fi valorificate în scopuri industriale, sociale, casnice etc. Spre exemplu, într-un combinat siderurgic integrat, *RER* pot conduce la reducerea consumului de energie a combustibilului până la 80%.

Principalele forme de *RER* sunt:

— **RER combustibile,** cum sunt: gazul de furnal, gazul de cocserie, gazele de rafinării, unele gaze rezultate din anumite procese din industria chimică; cojile de seminţe, deşeurile lemnoase nefolosibile ca materie primă etc.; toate aceste resurse trebuie recuperate prin ardere în instalaţii adecvate, înlocuindu-se astfel conbustibilii clasici;

— **RER sub formă de căldură sensibilă,** ca de exemplu: căldura obţinută în diverse produse (ca, de exemplu, în cocsul incandescent, clinker, lingouri calde etc.) sau în deşeuri (de exemplu, în zguri), în gazele de ardere de la cuptoare sau cazane, în agenţii de răcire la ieşirea din agregatele răcite, în aburul uzat (utilizat) sau în apa caldă uzată etc.; modul de recuperare al acestor *RER* depinde de nivelul de temperatură; ca exemple de recuperare se menţionează recuperarea căldurii gazelor de ardere pentru preîncălzirea aerului de ardere necesar însuşi agregatului din care provin gazele ori alte agregate, sau pentru producerea de aburi ori apă caldă în cazane recuperatoare etc.

— **RER sub formă de energie mecanică,** în principal energia cinetică a trenurilor în perioadele de frânare, care — în cazul tracţiunii electrice — poate fi recuperată prin folosirea drept frână a înseşi motoarelor electrice de tracţiune, reglate pentru funcţionarea în regim de generator electric, care să injecteze energia electrică produsă de reţeaua de alimentare.

• **Sursa energetică** reprezintă rezerva de energie valorificată (resursa activată) în scopul obţinerii unei forme bine determinate de energie. Astfel:

— **energia hidraulică,** constând din energia mecanică (energia cinetică şi energia potenţială corespunzătoare diferenţei de nivel sub care are loc scurgerea) a cursurilor de apă, a mareelor şi a valurilor; sistemele de captare a energiei valurilor sunt de-abia în fază de studiu sau în curs de experimentare;

— **energia eoliană,** adică energia mecanică, sub aspectul de energie cinetică, a aerului atmosferic în mişcare (a vântului);

— **energia geotermică,** constând din căldura conţinută în adâncurile subsolului terestru; din această energie, actualmente se foloseşte cea care apare — în mod natural sau prin sonde special forate — la suprafaţa solului, sub formă de apă caldă sau abur, care se utilizează — în funcţie de temperatura lor — fie direct pentru încălzirea localurilor, fie (după o eventuală supraîncălzire) pentru producerea energiei prin grupuri turbogeneratoare; se fac studii pentru utilizarea căldurii rocilor calde;

— **energia solară,** constând din energia electromagnetică radiată de soare şi ajunsă pe pământ. Energia solară — care este la originea formării tuturor surselor naturale de energie de pe pământ — poate fi folosită în mai multe moduri, şi anume, în principal, pentru producerea de energie termică la temperaturi joase (sub 100°C) sau ridicate (150—350°C) sau pentru producerea de energie electrică prin conversie directă. Producerea de energie termică la

Scanned with OKEN Scanner

temperatură joasă folosită în vederea încălzirii spațiilor de producție sau de locuit și a obținerii apei calde menajere, precum și în unele procese tehnologice (de exemplu, pentru uscarea lemnului, cerealelor etc.) se realizează prin helioconvertoare, care folosesc simultan fenomenul absorbției radiației termice solare de către corpurile negre și efectul de seră. Conversia directă a radiației solare în energie electrică se realizează în special prin efect fotoelectric cu ajutorul bateriilor (celulelor) fotoelectrice. Acest procedeu, utilizat pentru alimentarea cu energie necesară a tuturor sateliților și navelor cosmice, este încă prea scump pentru a putea fi utilizat pe scară industrială; sunt însă în curs numeroase studii și cercetări pentru realizarea de baterii fotoelectrice cu randament ridicat și la un cost acceptabil.

Sursele naturale de energie se împart în două mari categorii:

— *surse epuizabile* care se găsesc în pământ în cantități finite în raport cu consumul și a căror regenerare nu se poate realiza în măsura acestuia; din această categorie fac parte sursele menționate la punctele a și b;

— *surse inepuizabile,* care se găsesc pe pământ în cantități imense în raport cu consumul sau care se regenerează de la sine cel puțin pe măsura consumului; sursele menționate la punctele c—g se înscriu în această categorie.

Cantitativ, *o sursă de energie epuizabilă se caracterizează prin rezerva sa,* reprezentată de cantitatea totală de energie ce o conține, iar o *sursă inepuizabilă, prin potențialul anual al său,* adică prin cantitatea de energie ce o poate da anual.

Cantitatea de energie posibil de extras dintr-o sursă epuizabilă, ca și partea din potențialul unei surse inepuizabile posibil de utilizat în condițiile corespunzătoare nivelului tehnicii la un moment dat, poartă numele de *resursă energetică.*

3. TRANSFORMAREA FORMELOR DE ENERGIE, RANDAMENTE ȘI CONSUMURI SPECIFICE

O formă oarecare de energie (sau parametrii săi) poate fi transformată în altă formă (sau adusă la alți parametri), prin una sau mai multe transformări succesive, folosindu-se în acest scop procese și instalații adecvate.

În oricare dintre procesele de transformare cantitatea E_2 de energie obținută la urma procesului este mai mică decât cantitatea E_1 de energie supusă procesului, diferența

$$E_1 - E_2 = E_p > 0$$

reprezentând o energie ce se cedează totdeauna, direct sau indirect, mediului ambiant, și care pentru procesele respective constituie o pierdere. Eficiența proceselor și instalațiilor de transformare este dată de mărimea η, denumită *randament,* definită prin relația:

$$\eta = \frac{E_2}{E_1} = \frac{E_1 - E_p}{E_1} = 1 - \frac{E_p}{E_1} < 1.$$

în care E_1 și E_2 trebuie exprimate în aceleași unități de măsură (de exemplu: Joule, kWh, kcal etc.). Eficiența menționată poate fi dată și de mărimea C_s, denumită consum specific, definită de relația:

$$C_s = \frac{E_1}{E_2}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care E_1 şi E_2 se exprimă fiecare în unitatea de măsură specifică felului de energie respectiv, C_s reprezentând cantitatea de energie de forma „*1*" consumată pentru producerea unei cantităţi de energie de forma „*2*".

Procesele care au drept scop modificarea formei sau a parametrilor energiei constituie numai o parte din procesele tehnologice în care intervine energia, majoritatea proceselor având ca obiect realizarea de produse industriale sau de diverse alte activităţi (transporturi, lucrări agricole şi de construcţii etc.). În astfel de procese, energia poate suferi modificări de formă sau se încorporează în produsul realizat, o parte fiind însă cedată mediului ambiant şi eventualelor deşeuri apărute în proces, ceea ce — din punct de vedere practic — constituie pierderi. În aceste procese, eficienţa utilizării energiei este dată de consumul specific de energie, definit acum prin relaţia:

$$C_s = \frac{E}{A}$$

în care E este cantitatea de energie intrată în proces, exprimată în unităţi de măsură specifice formei de energie folosite, iar A — cantitatea de produse sau volumul activităţii realizate prin consumul E, exprimată în unităţi de măsură naturale sau convenţionale specifice produsului sau activităţii respective (de exemplu: tonă, pentru oţel, laminate, ciment, ulei etc.; metru, pentru ţesături, metru pătrat, pentru geamuri; bucată, pentru cărămizi, ţigle etc.; tonă-kilometru, pntru transporturi) sau în unităţi valorice (lei valoare a producţiei sau activităţii).

4. BILANŢURI ENERGETICE

Randamentul energetic şi consumul specific de energie sunt numai indicatori sintetici ai eficienţei cu care se consumă energia în diverse procese. Pentru mărirea eficienţei este necesar să se analizeze detaliat fiecare componentă a pierderilor de energie, în vederea stabilirii mijloacelor de reducere sau eliminare a lor. Mijlocul de bază care permite această analiză îl constituie *bilanţurile energetice.*

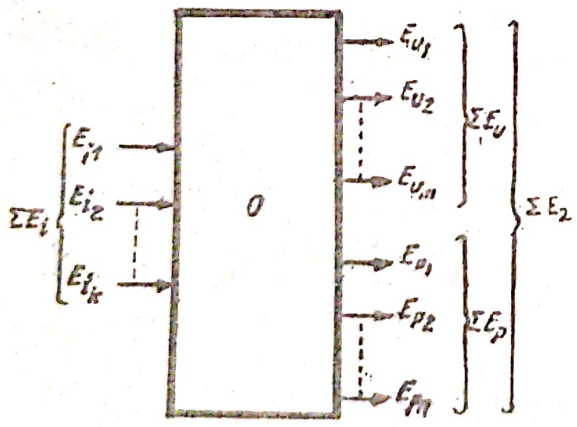


Fig. 14.1. **Schema de principiu a unui bilanţ energetic pentru un obiect de protecţie**
a — obiectul pentru care se face bilanţul cu limitele fizice ale obiectului; *h* — numărul de componente distincte de energie intrată în obiect; *m* — numărul de componente distincte de energie utilă; *n* — numărul de componente distincte de pierderi de energie.

Bilanţul energetic este o formă de exprimare a legii conservării energiei, aplicată la unul sau mai multe agregate, instalaţii sau procese tehnologice ori chiar la o secţie, un atelier sau o întreprindere în ansamblul lor. Bilanţul se întocmeşte, în general, pentru o oră de funcţionare la o sarcină dată (de obicei capacitatea nominală) a elementului în cauză, afară de cazul proceselor ciclice (cum este, de exemplu, elaborarea oţelului într-un cuptor), când bilanţul se întocmeşte pe un ciclu întreg (în exemplul dat, pe o şarjă).

Bilanţul energetic se întocmeşte (fig. 14.1) stabilindu-se cantităţile de

energie E_i (de una sau mai multe forme) intrate în elementul analizat şi cantităţile de energie E_e, ieşite din acesta. Energia ieşită reprezintă cantităţile de energie utilă E_u (teoretic necesară obţinerii produselor sau activităţilor care fac obiectul agregatului, instalaţiei, procesului etc. analizat) şi cantităţile de energie E_p corespunzătoare fiecăreia dintre pierderile de energie, acestea respectând relaţia de conservare a energiei: $\Sigma E_i = \Sigma E_e$ unde $\Sigma E_e = \Sigma E_u + \Sigma E_p$, în care toate mărimile trebuie exprimate într-o aceeaşi unitate de măsură, în bilanţul întocmit pentru un obiect în funcţiune, cantităţile de energie E_i, E_u şi E_p se stabilesc pe bază de măsuri şi calcule în care intervin mărimile măsurate; un astfel de bilanţ poartă numele de *bilanţ real.*

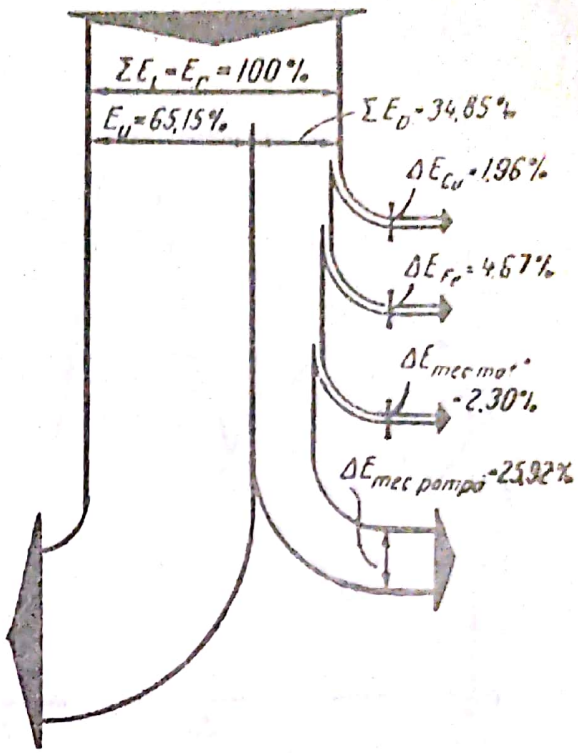


Fig. 14.2. **Exemplu de diagramă arborescentă aferentă unui bilanţ energetic pentru o staţie de pompare:**
E_u = energie utilă; ΣE_p — suma pierderilor de energie; ΔE_{Cu} — pierderile de energie în cupru, prin efect Joule-Lenz; ΔE_{Fe} — pierderile de energie în fier; $\Delta E_{mec\ mot}$ — pierderile de energie mecanică în motorul de antrenare; $\Delta E_{mec\ pompă}$ — pierderile în pompă.

O dată elaborat bilanţul real, se trece la analiza fiecăreia dintre componentele mărimilor ΣE_u şi ΣE_p, comparându-se valoarea lor procentuală raportată la ΣE_i şi cea raportată la unitatea de produs, cu valorile corespunzătoare cele mai economice cunoscute pe plan mondial, se caută cauzele pentru care în obiectul analizat se obţin pierderi mai mari şi apoi se stabilesc măsurile ce trebuie luate pentru reducerea acestora la valorile minime posibile; cu aceste noi valori se reface o parte din bilanţul real privind energiile ieşite, rezultând noile valori E_u' şi E_p', sumele lor, precum şi suma care reprezintă şi noua valoare $\Sigma E_i'$ necesară ca intrări de energie. S-a întocmit astfel un nou bilanţ pentru obiectul analizat, care poartă numele de *bilanţ optim* şi care urmează a fi realizat de obiectul în cauză, eventual treptat, la termenele cât mai scurte posibil — fixate prin plan — pentru punerea în aplicare a fiecăreia dintre măsurile stabilite conform celor arătate mai înainte.

Elaborarea bilanţurilor energetice pe agregate, instalaţii şi procese mari consumatoare de energie, precum şi pe fiecare întreprindere, ca şi actualizarea lor anuală constituie o obligaţie legală.

În figura 14.2 este reprezentat un exemplu de diagramă arborescentă aferentă unui bilanţ energetic al acţionării electrice a unei staţii de pompare.

5. CURBA DE CONSUM ŞI CURBA DE SARCINI

Puterea electrică P_a absorbită de un consumator sau de un grup de consumatori variază în timp conform necesităţilor din fiecare moment al acestuia. Graficul (curba) acestei variaţii pentru o zi oarecare $P_a = f(t)$ — unde t este timpul, variabil între ora zero şi ora 24 ale zilei considerate — poartă numele de *curbă de consum zilnic al consumatorului.* Aceasta diferă de la un

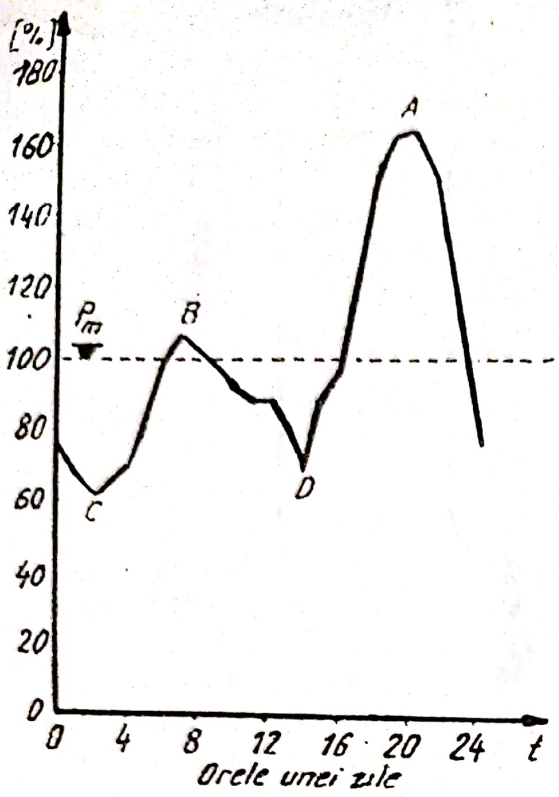


Fig. 14.3. Curbă de consum de iarnă pentru iluminat.

consumator la altul şi de la o zi la alta. Forma curbei este caracteristică categoriei din care face parte consumatorul: întreprindere dintr-o anumită ramură a industriei, gospodărie agricolă, tracţiune electrică, magazin, instituţie, gospodărie casnică etc.

O categorie importantă de consumatori din punctul de vedere al formei curbei de consum este constituită din cei care utilizează energia electrică în principal sau exclusiv pentru iluminat (cum sunt: consumatorii casnici, iluminatul public, instituţiile, magazinele etc.) la care se observă o variaţie mare a lui P_a de-a lungul a 24 ore, corespunzătoare variaţiei iluminatului natural şi orelor de lucru şi de odihnă. În figura 14.3 este reprezentată curba de consum a acestei categorii de consumatori din ţara noastră, pentru o zi de iarnă; se constată o zonă de consum maxim (de vârf între orele 17 şi 23, când P_a atinge 164% din puterea medie $P_{a\ med\ i}$ a zilei de iarnă respective, şi două zone de consum redus (zone de gol), între orele 23—6 şi 8—16, când P_a scade până la 64% din $P_{a\ med\ i}$. Vara, acest grup de consumatori cere o putere medie zilnică $P_{a\ med\ v}$ mai mică decât $P_{a\ med\ i}$; curba de consum este similară celei de iarnă, dar vârful este decalat spre orele mai târzii, are o durată mai scurtă şi o valoare — în procente din $P_{a\ med\ v}$ — mai mică decât iarna.

Dacă se construieşte curba de consum zilnic însumată a tuturor consumatorilor dintr-un sistem energetic, se obţine *curba de sarcină zilnică* a sistemului respectiv, care — ştiindu-se că energia electrică nu poate fi practic stocată, trebuie propusă chiar în momentul când este cerută de consumatori — reprezintă variaţia în timpul zilei considerate a puterii P produse de ansamblul centralelor electrice din sistemul energetic.

Forma acestei curbe de sarcină depinde de ponderea diferitelor categorii de consumatori în totalul consumului.

B. SITUAŢIA ENERGETICĂ MONDIALĂ ŞI NAŢIONALĂ

• **Pe plan mondial,** valoarea medie a consumului de energie primară este de cca 3 700 kg c.c.* /loc an, iar de energie electrică de cca 3 770 kWh/loc an urmând, ca la nivelul anului 2 000 aceste valori să devină: 4 810 kg c.c./loc an şi respectiv 5 940 kWh/loc an.

Acoperirea acestui consum se realizează din următoarele resurse şi surse de energie:

---

* Unitate de măsură convenţională de energie, denumită kilogram combustibil convenţional
1 kg c.c. + 7 000 kcal = 8,15 kWh.

Scanned with OKEN Scanner

— *petrolul*, care acoperă în proporţie de 45% consumul total de energie pe plan mondial. Consumul de ţiţei este în fiecare an puţin mai mic decât producţia, rezervându-se o anumită parte pentru creşterea stocurilor de siguranţă în aprovizionare. Se estimează că şi în viitorul deceniu, petrolul, în total consum energetic, va reprezenta 35%—40% (se contează pe apariţia de noi foraje submarine şi pe obţinerea produselor petroliere din exploatarea şisturilor bituminoase şi a nisipurilor asfaltice);

— *cărbunii*, care asigură cca 32,4% din consumul energetic pe plan mondial. Evaluările asupra rezervelor de cărbuni, exploatabile din punct de vedere tehnic şi în condiţii de rentabilitate economică la nivelul tehnologiilor actuale, oscilează între 700—800 mild. tone. Acestea sunt în măsură să acopere un consum în creştere pentru multe decenii, iar în cazul când, prin progrese tehnologice notabile, s-ar extinde exploatarea resurselor totale de cărbune, pentru câteva sute de ani;

— *gazele naturale*, care acoperă consumul energetic pe plan mondial în proporţie de o cincime. Posibilităţile relativ reduse şi mai ales costisitoare de stocaj apropie mult nivelul consumului de cel al producţiei pe plan mondial. Întrucât posibilităţile de transport economic eficient al gazelor naturale sunt limitate în condiţiile terestre pe distanţe nu foarte lungi (prin cisterne, în formă lichefiată, transportul devenind costisitor), consumul acestor gaze se face de regulă în zona de producere a lor şi de aceea aproximativ o zecime din producţia mondială intră în comerţul internaţional. Astfel se explică prezenţa unor ţări atât în rândul exportatorilor cât şi a importatorilor (SUA, Germania etc.). Disponibilul natural de gaze naturale, cel puţin la gradul actual de cunoaştere, se dovedeşte redus, urmând a se epuiza în primele decenii, în cazul menţinerii unui ritm susţinut de creştere a consumului;

— *hidroenergia* are un aport marginal în balanţa energetică, de cca 2,7%. Dacă întreg potenţialul hidroenergetic mondial ar fi valorificat, cota sa de participare la acoperirea consumului energetic mondial ar fi de cca 13%;

— *energia nucleară*, aflată în plină dezvoltare, transformată în energie electrică prin tehnologia fisiunii nucleare, reprezintă cca 6% din producţia mondială de energie electrică, considerându-se că în anul 2000 va depăşi 25%. Se speră ca într-un viitor apropiat să fie pusă la punct, la scară industrială, tehnologia fuziunii nucleare controlate a deuteriului, care se produce la temperaturi de milioane de grade, provocată astăzi numai necontrolat în bomba cu hidrogen. Astfel, rezerva liberabilă prin fuziunea marilor mase de deuteriu din apa oceanelor şi mărilor va putea deveni de 10^7 ori mai mare decât rezervele probabile de energie a tuturor combustibililor fosili ai Pământului;

— *celelalte surse de energie* (solară, eoliană, maree, geotermică etc.) nu schimbă esenţial tabloul general al rezervelor de energie inepuizabile şi amenajabile economic ale Pământului, acestea fiind folosite pe zone restrânse şi unde sunt justificate tehnico-economic.

• **Pe plan naţional**, consumul de energie primară este de cca 4 700 kg c.c./loc an, iar de energie electrică de cca 3 100 kWh/loc an, aceste valori urmând să crească spre anul 2000 cu un ritm mediu anual prognozat de 2,7%. De menţionat că în ultimele două decenii dezvoltarea economiei româneşti s-a caracterizat printr-o creştere a unor ramuri energointensive şi, în acelaşi timp, mari consumatoare de materii prime combustibile.

Această dezvoltare nu a fost corelată cu resursele de energie primară ale ţării şi cu posibilităţile de creştere a producţiei acestora. Ca urmare, începând cu 1975, consumatorii de energie electrică s-au confruntat, în privinţa satisfacerii cerinţelor de consum, cu o serie de dificultăţi, amplificate an de

Scanned with OKEN Scanner

an. În viitor, pentru redresarea situației energetice deficitare a țării, acoperirea balanței energetice se va realiza echilibrat, utilizând la maximum resursele interne și efectuând un import rațional și diversificat de resurse de energie primară și de energie electrică.

C. PRINCIPALELE MĂSURI DE GOSPODĂRIRE A ENERGIEI

1. MĂSURI A CĂROR CONCRETIZARE SAU APLICARE REVINE UNITĂȚILOR ECONOMICE ȘI INSTITUTELOR DE CERCETARE ȘI PROIECTARE

a) **Reorientarea dezvoltării economiei** prin creșterea cu precădere, a ramurilor, subramurilor și produselor cu consumuri energetice specifice reduse, limitându-se la strictul necesar fabricarea și utilizarea produselor, materialelor și materiilor prime cu consumuri energetice specifice mari.

b) **Cercetarea, asimilarea și folosirea de noi tehnologii cu consumuri energetice specifice cât mai reduse, precum și de noi instalații și utilaje cu randamente energetice cât mai ridicate.**

c) **Înlocuirea sau perfecționarea tehnologiilor existente care au consumuri energetice specifice mari și a utilajelor și instalațiilor cu randamente energetice mici,** între acestea din urmă menționându-se instalațiile de ardere (arzătoare, injectoare, grătare, focare).

d) **Extinderea termoficării industriale și urbane,** adică a producerii combinate de energie electrică și de căldură, aceasta din urmă — sub formă de abur sau (și) apă fierbinte — fiind livrată consumatorilor pentru încălzire tehnologică, a halelor și a locuințelor; în producția combinată, randamentul de utilizare a combustibilului crește în proporție însemnată (până la de două ori) față de cazul producerii separate.

e) **Trecerea rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice la tensiuni cât mai ridicate în raport cu caracterul rețelei,** ceea ce duce la scăderea pierderilor prin efect Joule în conductoarele rețelelor, deoarece sunt invers proporționale cu pătratul tensiunii sub care funcționează rețeaua.

f) **Economisirea maximă a hidrocarburilor folosite drept combustibil prin:**

— *înlocuirea lor,* ori de câte ori este posibil, la cazane și cuptoare, *cu cărbuni* (în special *lignit*), iar la autovehicule, *cu noi carburanți;*

— *extinderea tracțiunii electrice feroviare;*

g) **Folosirea,** ori de câte ori este posibil, *a uscării naturale* în locul celei cu consum de combustibil, energie termică sau electrică (de exemplu, uscarea naturală a cerealelor și furajelor, a unor materiale de construcții — cărămizi, țigle etc. — a lemnului etc.).

h) **Recuperarea resurselor energetice secundare** (care este una dintre cele mai importante căi de economisire a energiei).

i) **Economisirea maximă a materialelor și materiilor prime,** deoarece producerea sau extracția acestora au necesitat anterior consumuri energetice care se irosesc în cazul risipei de materiale și materii prime. Drept căi de economisire a acestora, se citează:

Scanned with OKEN Scanner

— *reducerea*, prin folosirea de tehnologii adecvate, a *adaosurilor de prelucrare:* prin această reducere apare şi o economie suplimentară de energie corespunzătoare reducerii consumului pentru prelucrare;

— *reducerea*, prin proiectare, a *greutăţii diverselor piese şi utilaje* în acest cadru reducerea greutăţilor pieselor în mişcare aduce şi o economie de energie la utilizatorul acestora, în principal prin micşorarea consumului de energie necesar la fiecare pornire pentru învingerea inerţiei (aducerea la viteza necesară);

— *recuperarea şi refolosirea materialelor*, de exemplu, producerea oţelurilor pornindu-se de la fier vechi în loc de a se porni de la minereul de fier, reprezintă o economie de minimum 30% la consumul de energie.

— *recondiţionarea şi refolosirea de mai multe ori a pieselor, a subansamblurilor şi a maşinilor.* Economia rezultă din faptul că recondiţionarea pieselor necesită un consum de energie mult mai mic decât cel corespunzător realizării lor din nou.

j) **Ameliorarea factorului de putere** (cos φ) constituie o cale de reducere a pierderilor de energie prin efect Joule în reţelele electrice, deoarece acestea sunt invers proporţionale cu pătratul factorului de putere. Ameliorarea factorului de putere se realizează prin *măsuri de exploatare* (v. paragraful D2, lit. j) precum şi prin:

— *utilizarea de motoare sincrone în locul celor asincrone*, ori de câte ori utilajul antrenat permite, aceste motoare putând funcţiona — prin reglajul excitaţiei — la cos $\varphi = 1$ sau chiar în regim capacitiv;

— *compensarea factorului de putere prin montarea*, după caz, *de condensatoare statice sau de compensatoare sincrone* (motoare sincrone care nu acţionează nici un utilaj — adică funcţionează în gol — şi prin supraexcitare, lucrează în regim capacitiv) care livrează energie reactivă în reţea, compensând consumul de energie reactivă al altor utilaje.

k) **Completarea dotării cu aparate de măsurat şi de control,** astfel încât să se poată realiza: urmărirea şi reglarea tuturor parametrilor care condiţionează funcţionarea optimă a tuturor proceselor energetice şi tehnologice, efectuarea bilanţurilor energetice, contorizarea consumurilor de combustibil, energie electrică şi energie termică.

l) **Introducerea şi extinderea automatizării proceselor de producţie şi a agregatelor,** care este singurul mijloc ce permite reglarea, moment cu moment a parametrilor necesari funcţionării optime a tuturor proceselor tehnologice şi energetice.

m) **Efectuarea anuală a bilanţurilor energetice,** pe a căror bază să se detecteze pierderile şi consumurile neraţionale de energie de toate formele, stabilindu-se măsurile necesare de remediere.

n) **Îmbunătăţirea organizării producţiei şi a muncii:**

— organizarea, pe fiecare unitate economică şi pe secţii mari consumatoare de energie, de unităţi sau comisii energetice care să urmărească şi să răspundă de problemele de economisire a energiei de toate formele;

— asigurarea unei strânse colaborări între personalul energetic şi cel tehnologic de la toate nivelele, întrucât între problemele energetice şi cele tehnologice există, după cum s-a văzut, o strânsă legătură;

— planificarea execuţiei la timp a lucrărilor de reparaţii şi întreţinere, pentru a se evita oprirea accidentală a instalaţiilor şi a se permite funcţionarea acestora la parametrii normali;

— crearea condiţiilor de încărcare intensivă a utilajelor şi, în general, a tuturor măsurilor de economisire, a căror aplicare revine personalului de exploatare.

Scanned with OKEN Scanner

o) **Perfecţionarea continuă a pregătirii profesionale a personalului energetic şi tehnologic.**

p) **Înlocuirea lămpilor cu incandescenţă cu tuburi fluorescente** sau — după caz — **cu lămpi cu descărcări în gaze,** care au un consum de energie mult mai redus.

r) **Înlocuirea iluminatului general din hale şi birouri cu iluminat local** (inclusiv secţionarea reţelei de iluminat, cu gruparea judicioasă a locurilor de luminat).

s) **Prevederea dispozitivelor de reglare necesare pentru uniformizarea temperaturilor în încăperi, automatizarea punctelor termice de distribuţie a căldurii.**

2. MĂSURI A CĂROR APLICARE REVINE PERSONALULUI DE EXPLOATARE ŞI ÎNTREŢINERE

a) **Reglarea corectă a arderii,** pentru a se realiza, la orice sarcină, o ardere chimic completă, cu excesul de aer minim necesar.

b) **Exploatarea intensivă a utilajelor,** adică încărcarea lor la o sarcină cât mai mare, evitându-se funcţionarea în gol sau la o sarcină redusă. În adevăr, randamentul energtic η şi consumul specific de energie C_S al oricărui utilaj variază cu sarcina (încărcarea) A a utilajului, conform figurii 14.4, *a* valabilă pentru restul utilajelor. Din aceste figuri se constată că, pentru mersul în gol ($A = 0$), $\eta = 0$ şi $C_S = \infty$, iar cum sarcina creşte, η creşte şi C_S descreşte continuu până la atingerea unor valori η_{max} respectiv $C_{s\,min}$, care au loc în cazul figurii 14.4, *a*, pentru încărcarea maxim posibilă, A_{max}, iar în cazul figurii 19.4, *b* pentru o încărcare optimă $A_{opt} < A_{max}$, în continuare (când $A_{opt} < A < A_{max}$) intervenind o mică scădere a lui η, respectiv o mică creştere a lui C_s. Rezultă eficienţa funcţionării la o încărcare cât mai mare, chiar în cazul utilajelor la care corespunde figura 14.4, *b*, deoarece scăderea lui η şi creşterea lui C_s pentru $A > A_{opt}$ sunt mici.

Se menţionează că la mersul în gol are loc, la orice utilaj, un consum de energie care este integral o pierdere.

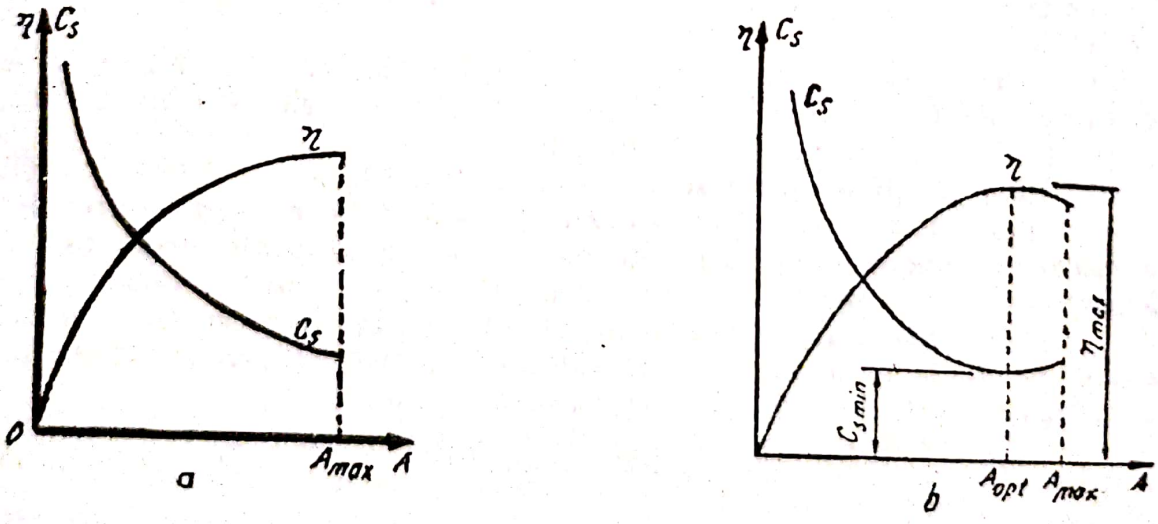


Fig. 14.4. **Variaţia randamentului energetic şi a consumului specific de energie în funcţie de sarcină:**
a — pentru majoritatea utilajelor; *b* — pentru restul utilajelor.

Scanned with OKEN Scanner

Un mijloc de evitare a mersului în gol îl constituie folosirea de limitare de mers în gol, prin care se întrerupe automat alimentarea cu energie electrică a utilajului, când se depăşeşte un timp limită de mers în gol.

În cadrul activităţilor de transport trebuie, în particular, *să se evite atât staţionările lungi cu motorul în funcţiune,* cât *şi cursele fără încărcătură sau cu sarcina redusă,* deoarece — datorită greutăţii proprii mari a vehiculelor — consumul de carburant chiar la circulaţia fără încărcătură este foarte ridicat. În acest scop trebuie raţionalizate fluxurile de transport, iar în cazul transporturilor rutiere trebuie, în plus, să se generalizeze folosirea remorcilor.

c) **Evitarea opririlor accidentale ale instalaţiilor şi utilajelor,** deoarece repornirea este legată de consumuri suplimentare de energie, uneori deosebit de mari, astfel:

— la cazane, cuptoare şi alte instalaţii la care există pereţi din materiale refractare sau cu izolaţii termice, pe durata opririi se pierde, în funcţie de această durată, o parte sau chiar toată căldura acumulată în pereţi, răcindu-se totodată şi materialul supus încălzirii (uneori trebuind să fie rebutat), fiind necesar, la repornire, un consum suplimentar de energie pentru a se reveni la temperaturile anterioare opririi;

— în unele procese tehnologice — în special din industria chimică — o oprire, chiar foarte scurtă, poate duce la durate mari sau foarte mari pentru reluarea procesului şi atingerea parametrilor anteriori şi adesea la rebuturi importante de produse şi subproduse intermediare. Pe toată durata reluării procesului au loc consumuri importante de energie, care constituie pierderi;

— la instalaţiile cu piese în mişcare, repornirea necesită un consum suplimentar de energie pentru accelerarea lor până la atingerea vitezei anterioare opririi.

d) **Menţinerea în bună stare a izolaţiei termice a instalaţiilor,** pentru evitarea pierderilor exagerate de căldură şi — la nevoie — întărirea izolaţiei respective.

e) **Etanşarea cât mai perfectă a instalaţiilor şi menţinerea ei în bună stare.** În acest fel, la instalaţiile lucrând sub presiune se evită pierderea de fluide energetice sau pentru a căror producere, captare sau distribuţie se consumă energie, cum sunt: combustibilii gazoşi, sau lichizi, fluidele calde (abur, gaze calde, apă caldă etc.), aerul comprimat, oxigenul, acetilena, apa etc., iar la instalaţiile lucrând cu depresiune se evită intrarea de fluide din exterior, exemplu intrarea de aer fals în focare sau cu trascul gazelor de ardere, care provoacă răcirea acestora, antrenând consumuri suplimentare de combustibil.

f) **Efectuarea de bună calitate a lucrărilor de reparaţii şi întreţinerea instalaţiilor energetice şi tehnologice,** care evită opririle accidentale din funcţiune a instalaţiilor şi asigură posibilitatea funcţionării lor la parametrii normali, menţinând buna stare a izolaţiei termice, a etanşeităţii etc.

g) **Economisirea pe toate căile a materialelor şi materiilor prime,** între altele prin eliminarea rebuturilor în toate fazele de fabricaţie; justificarea acestei măsuri rezultă din cele arătate la paragraful 1, lit i.

h) **Folosirea continuă şi menţinerea în bună stare de funcţionare a tuturor instalaţiilor de recuperare a resurselor energetice secundare.**

i) **Respectarea de către autovehiculele rutiere a vitezelor maxime stabilite prin lege** — diferenţiat după tipul autovehiculelor — deoarece peste vitezele respective are loc o creştere mare a consumului specific de carburant.

Scanned with OKEN Scanner

j) **Ameliorarea factorului de putere** (cos φ) sub care funcţionează motoarele asincrone, prin evitarea funcţionării lor în gol sau cu sarcină redusă, deoarece valoarea acestui factor este foarte mică (0,5—0,25) la mersul în gol, precum şi la sarcini reduse şi atingând valoarea maximă abia la sarcina maximă.

k) **Reglarea curbei de consum** (şi prin aceasta, **aplatizarea curbei de sarcină a sistemului**); justificarea acestei măsuri şi mijloace concrete de realizare a sa sunt arătate în paragraful 3.

l) **Folosirea maximă a iluminatului natural,** care implică menţinerea în stare de curăţenie a geamurilor, pereţilor de sticlă şi luminatoarelor.

m) **Evitarea folosirii unei iluminări exagerate.**

n) **Folosirea iluminatului electric numai în locurile în care şi în timpul când este efectiv necesar,** evitându-se folosirea iluminatului general.

3. APLATIZAREA CURBEI DE SARCINĂ A SISTEMULUI ENERGETIC

Întrucât energia electrică trebuie produsă chiar în momentul în care este cerută de consumatori, puterea instalată a centralelor electrice din sistemul energetic trebuie să fie egală cu puterea maximă cerută de consumatori, care are loc în momentul vârfului de seară de iarnă la care se adaugă pierderile de transport şi o anumită putere de rezervă, necesară în diverse scopuri.

Cheltuielile de investiţii, de exploatare şi de întreţinere a centralelor electrice sunt proporţionale cu puterea instalată a acestora. Pentru micşorarea acestor cheltuieli trebuie deci să se reducă vârful de sarcină de seară al sistemului, realizându-se astfel o aplatizare (turtire), a curbei de sarcină. Această aplatizare este şi o sursă de economie de energie electrică, întrucât reducerea puterii maxime conduce la o scădere a pierderilor în reţele prin efect Joule, care sunt proporţionale cu pătratul puterii care trece prin reţea.

În vederea aplatizării curbei de sarcină, *fiecare consumator trebuie să-şi regleze curba sa de consum,* această reglare constând în repartizarea puterii absorbite cât mai constant de-a lungul a 24 ore, în special cu reducerea puterii absorbite în orele de vârf (mai ales a vârfului de seară) cât mai mult, prin mutarea în restul orelor a consumului din orele de vârf. În acest sens, la consumatorii industriali sau similari se recomandă în principal:

— crearea de instalaţii *„consumatoare tampon"*, adică de instalaţii având un surplus de capacitate astfel stabilit, încât să permită realizarea producţiei planificate prin funcţionarea numai în afara orelor de vârf ale sistemului energetic;

— evitarea pornirii concomitente a mai multor electromotoare, deoarece acestea cer la pornire puteri sporite;

— evitarea situaţiei ca mai multe cuptoare electrice pentru topirea metalelor să se găsească concomitent în faza de topire, care cere puteri mărite faţă de celelalte faze.

Pentru stimularea consumatorilor industriali la aplatizarea curbei de sarcină a sistemului, tariful de energie electrică pentru această categorie de consumatori prevede valori mai ridicate pentru energia şi puterea absorbită în orele de vârf (care, de altfel, revine realmente la costuri mult mai ridicate) şi aplicarea penalizării când se depăşeşte puterea maximă admisibilă stabilită ţinându-se seamă de măsurile de reglare posibile.

Scanned with OKEN Scanner

Introducerea orei de vară constituie şi ea o măsură de aplatizare, pe timpul verii, a curbei de sarcină a sistemului energetic.

4. RECUPERAREA SURSELOR ENERGETICE SECUNDARE

Ca rezultat al multor procese consumatoare de energie de diverse forme, apar — pe lângă produsele sau activităţile care formează obiectul principal al procesului — diverşi purtători de energie de diferite forme. Aceşti purtători şi cantităţile de energie respective se numesc *resurse energetice secundare* (prescurtat *RES*). Utilizarea acestor resurse în diverse scopuri poartă numele de *recuperare a RES* şi este de o deosebită importanţă, întrucât volumul *RES* este foarte mare (de exemplu, într-un combinat siderurgic, integrat, recuperarea totală a *RES* poate duce la scăderea cu 75—80% a consumului de energie primară al combinatului). Conform legii, recuperarea *RES* este obligatorie, iar instalaţiile noi nu pot fi puse în funcţiune decât concomitent cu dispozitivele de recuperare *RES* generate de acele instalaţii.

Ca exemple principale de *RES* se menţionează:

— **RES combustibile,** cum sunt: gazul de furnal, gazul de cocserie, gazele de rafinării, unele gaze rezultate din anumite procese din industria chimică, cojile de seminţe, deşeurile lemnoase nefolosibile ca materie primă etc.; toate aceste resurse trebuie recuperate prin ardere în instalaţii adecvate, înlocuindu-se astfel combustibilii clasici;

— **RES sub formă de căldură sensibilă,** ca de exemplu: căldura obţinută în diverse produse (ca, de exemplu, în cocsul incandescent, clinker, lingouri calde etc.) sau în deşeuri (de exemplu, în zguri), în gazele de ardere de la cuptoare sau cazane, în agenţii de răcire la ieşirea din agregatele răcite, în aburul uzat (utilizat) sau în apa caldă uzată etc.; modul de recuperare al acestor *RES* depinde de nivelul lor de temperatură; ca exemple de recuperare se menţionează recuperarea căldurii gazelor de ardere pentru preîncălzirea aerului de ardere necesar însuşi agregatului din care provin gazele ori alte agregate, sau pentru producerea de abur ori apă caldă în cazane recuperatoare etc.;

— **RES sub formă de energie mecanică,** în principal energia cinetică a tremurilor în perioadele de frânare, care — în cazul tracţiunii electrice — poate fi recuperată prin folosirea drept frână a înseşi motoarelor electrice de tracţiune, reglate pentru funcţionarea în regim de generator electric, care să injecteze energia electrică produsă de reţeaua de alimentare.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Cap. 1. **Producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice** 3

A. Generalităţi 3
B. Producerea energiei electrice 3
C. Transportul energiei electrice 8
D. Distribuţia energiei electrice 9

Cap. 2. **Receptoare electrice** 22

A. Corpuri de iluminat 22
B. Motoare electrice 29

Cap. 3. **Aparate şi tablouri electrice** 45

A. Aparate electrice 45
B. Transporturi electrice de joasă tensiune 69
C. Exploatarea şi întreţinerea aparatelor de măsurat şi control din tablourile electrice şi alte echipamente 75

Cap. 4. **Linii electrice aeriene şi subterane de joasă tensiune** 80

A. Linii electrice aeriene 80
B. Linii electrice subterane 89

Cap. 5. **Alimentarea cu energie electrică a consumatorilor** 103

A. Relaţia furnizor-consumator 103
B. Alcătuirea generală a instalaţiilor pentru alimentarea consumatorilor 105
C. Descrierea elementelor componente ale reţelei electrice a consumatorului . 107
D. Elemente de exploatare şi protecţie a muncii la staţiile coborâtoare de tensiune 115
E. Elemente de calcul electric în instalaţiile consumatorului 118

Cap. 6. **Instalaţii electrice de joasă tensiune de lumină şi forţă** 133

A. Instalaţii de iluminat şi prize 133
B. Instalaţii de forţă 159
C. Execuţia instalaţiilor electrice 171
D. Întreţinerea instalaţiilor electrice interioare de joasă tensiune 192
E. Norme de protecţie a muncii 195
F. Norme de prevenire şi stingere a incendiilor 198

Cap. 7. **Instalaţii de ameliorare a factorului de putere** 199

A. Generalităţi 199
B. Efectul factorului de putere scăzut în instalaţiile electrice 200
C. Mijloace pentru ameliorarea factorului de putere 201
D. Calculul capacităţii bateriei de condensatoare 202
E. Legarea bateriilor de condensatoare 205
F. Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor de ameliorare a factorului de putere 206
G. Norme de tehnica securităţii muncii 208

Cap. 8. **Instalaţii de protecţie a omului împotriva electrocutării** 209

A. Efectele curentului electric asupra organismului uman 209

Scanned with OKEN Scanner

B. Cazuri de electrocutare 210
C. Metode de protecție 212

Cap. 9. **Instalații electrice de curenți slabi** 227

A. Generalități 227
B. Instalații pentru semnalizări acustice și optice 227
C. Instalații electrofonice 237
D. Instalații de ceasuri electrice 240
E. Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor de curenți slabi 242

Cap. 10. **Stații de redresare și de încărcare a acumulatoarelor electrice** 244

A. Instalații industriale de redresare a curentului alternativ 244
B. Instalații de încărcare a acumulatoarelor electrice 252
C. Exploatarea și întreținerea stațiilor de redresare și de încărcare acumulatoarelor electrice 260

Cap. 11. **Exploatarea, întreținerea și repararea echipamentelor electrice din instalații** 262

A. Generalități 262
B. Transformatoare de putere 266
C. Mașini electrice 287
D. Măsuri de protecție a muncii și de prevenire și stingere a incendiilor 311

Cap. 12. **Instalații electrice specifice proceselor industriale** 315

A. Sudarea cu arc electric 315
B. Sudarea prin puncte 322
C. Electroliza 323
D. Galvanotehnica 325
E. Încălzirea electrică 327
F. Exploatarea și întreținerea instalațiilor electrice specifice proceselor industriale 336

Cap. 13. **Aspecte specifice ale execuției, întreținerii și reparării instalațiilor electrice din mediul exploziv** 339

A. Clasificarea echipamentelor electrice din punctul de vedere al protecției normale 339
B. Clasificarea echipamentelor electrice din punctul de vedere al protecției antiexplozive 341
C. Executarea instalațiilor electrice în mediul exploziv 343
D. Întreținerea și repararea instalațiilor electrice din mediul exploziv 348
E. Protecția contra electricității statice 350

Cap. 14. **Aspecte privind gospodărirea energiei** 351

A. Noțiuni de energetică generală 351
B. Situația energetică mondială și națională 356
C. Principalele măsuri de gospodărie a energiei 358

Scanned with OKEN Scanner

Acest manual este proprietatea Ministerului Învăţământului *

Inspectoratul şcolar al judeţului/municipiului .....
.....
Şcoala/Liceul .....
Manualul nr. .....

Anul	Numele elevului care a primit manualul	Anul în care s-a folosit	Starea manualului	
			la primire	la returnare
1				
2				
3				
4				
5				

- Profesorii trebuie să controleze dacă numele elevului este corect scris.
- Elevii cărora le este destinat manualul nu trebuie să facă nici un fel de notaţii pe pagini. Rugăm ca manualele să fie păstrate cât mai îngrijit.
- Starea manualului (la primire şi la returnare) se va înscrie folosind termenii: nouă, bună, îngrijită, nesatisfăcătoare, proastă.

*) Se completează numai pentru exemplarele distribuite gratuit.

Scanned with OKEN Scanner

Nr. pl. 22022
C.t. = 23
B.T. 2.04.1997

Tiparul executat la
S.C. ROMCARTEXIM S.A.
Telefon: 211 30 16; Fax: 211 27 52

Scanned with OKEN Scanner

Lei 6500

ISBN 970-30-5223-X

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, R.A. — BUCUREŞTI, 1997

Scanned with OKEN Scanner